UPPFINNINGARNAS BOK.

II.



STOCKHOLM, L. J. HIERTAS FÖRLAGSEXPEDITION.

UPPFINNINGARNAS BOK.

ÖFVERSIGT AF DET INDUSTRIELA ARBETETS UTVECKLING PÅ ALLA OMRÅDEN.

ÖFVERSÄTTNING UNDER MEDVERKAN AF SAKKUNNIGA MÄN

REDIGERAD AF

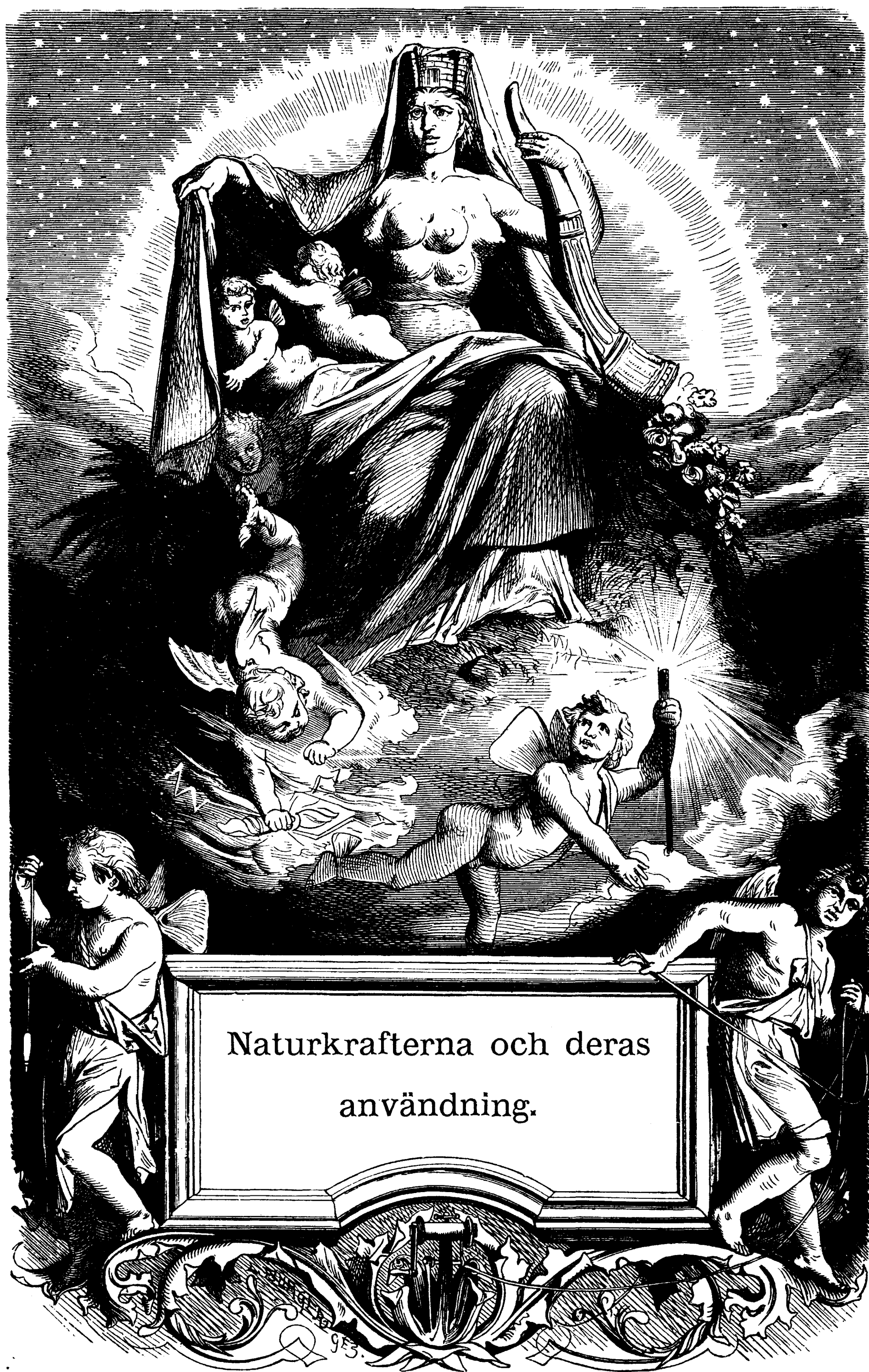
O. W. ÅLUND.

ANDRA BANDET.

NATURKRAFTERNA OCH DERAS ANVÄNDNING.

MED 527 I TEXTEN INTRYCKTA ILLUSTRATIONER.

STOCKHOLM,
L. J. HIERTAS FÖRLAGSEXPEDITION.
1874.


Naturkrafterna och deras
användning.

Andra bandets innehåll:

Naturkrafterna och deras användning.

Inledning ... Sid. 1.
Lagen om kraftens oförgänglighet ... » 4.
Fysikens historia ... » 8.
Kropparnas allmänna egenskaper ... » 15.
Mekanisk kraft ... » 18.
Krafternas parallelogram ... » 19.

Metersystemet.

Måttens betydelse ... » 22.
Forntidens mått ... » 24.
Måttsystem ... » 27.
Gradmätningar ... » 33.
Metersystemet ... » 36.
Kraftmått ... » 40.

Skruffartyget. Väderqvarnen.

Rörelseapparaten hos ångfartyg ... Sid. 41.
Det lutande planet ... » 43.
Skrufven ... » 45.
Propellern ... » 46.
Väderqvarnen ... » 55.

Häfstången och blocket.

Minnesmärken af egyptisk bygnadskonst » 58.
Häfstången ... » 60.
Hjulet med valsen ... » 64.
Friktionen ... » 66.
Blockskifvan och blocktyget ... » 68.

Vågen och areometern.

Vigtbestämningar ... » 72.
Tyngden ... » 73.
Tyngdpunkten ... » 75.
Vigt och våg ... » 76.
Vågens konstruktion ... » 77.
Snällvågen ... » 78.
Decimal- eller bryggvågen ... » 79.
Den kemiska vågen ... » 80.
Specifika vigten ... » 85.
Areometern ... » 86.
Alkoholometer, sackarometer, ölprofvare o. s. v. ... » 88.

Pendeln och centrifugalmaskinen.

Galileo Galilei ... Sid. 92.
Pendeln ... » 93.
Pendelns användning ... » 95.
Sekundpendeln ... » 97.
Foucaults pendelexperiment ... » 99.
Jordens afplattning ... » 102.
Centrifugalkraften ... » 103.
Centrifugalkraftens användning ... » 106.

Barometern och manometern.

Ikattagelse af en brunngräfvare i Firenze. Sid. 109.
Torricellis försök ... » 110.
Atmosferen ... » 112.
Höjdmätningar ... » 113.
Barometern ... » 115.
Aneroidbarometern ... » 118.
Manometern ... » 119.
Barometerobservationer ... » 123.

Luftbalongen och luftseglingen.

Flygmaskinerna ... Sid. 127.
Luftbalongens historia ... » 129.
Fallskärmen ... » 139.
Greens luftresa öfver Kanalen ... » 143.
Guérins ofrivilliga luftfärd ... » 143.
Arbans uppstigning i Triest ... » 144.
Coxwells och Gypsons misslyckade nattliga luftfärd ... » 145.
Coxwells uppstigning från Leipzig ... » 146.
Nadars luftresa från Paris ... » 150.
Gay-Lussacs och Biots luftresa ... » 154.
Luftbalongens styrning ... » 157.

Luftpumpen och den atmosferiska brefposten.

Luftpumpen ... Sid. 163.
Försök med luftpumpen ... » 170.
Kompressionspumpen ... » 173.
Den atmosferiska jernvägen ... » 174.
Den pneumatiska bref- och paketbefordringen ... » 177.

Hydrauliska maskiner.

Hydrauliskt tryck ... » 182.
Vattenpasset ... » 183.
Kommunicerande rör ... » 184.
Hydrauliska maskiner ... » 184.
Häfverten ... » 186.
Vattenhjulen ... » 187.
Turbiner ... » 189.
Vattenuppfordringsverk ... » 191.
Pumpen ... » 193.
Den hydrauliska väduren ... » 198.
Vattenverk ... » 201.
Haarlemsjöns torrläggning ... » 204.
Brandsprutan ... » 208.
Den hydrauliska pressen ... » 211.

Ljuset.

De gamlas åsigter om ljuset ... » 215.
Huyghens' undulations- eller vibrationsteori ... » 217.

Newton och emanationsteorin ... . Sid. 219.
Ljusets fortplantning ... ... » 219.
Mätning af ljusets hastighet ... ... » 220.
Fizeaus metod ... ... » 221.
Intensitet ... ... » 223.
Polariseradt ljus ... ... » 223.

Speglar och spegelapparater.

Speglar som kulturmedel ... ... Sid. 227.
Ljusets reflexion ... ... » 228.
Andeuppenbarelser på scenen ... ... » 229.
Kaleidoskopet ... ... » 231.
Sextanten ... ... » 232.
Bugtiga ytors spegling... ... ... » 234.

Prismat och spektralanalysen.

Myter ... ... Sid. 238.
Ljusets brytning ... ... » 239.
Prismat ... ... » 241.
Camera lucida ... ... » 242.
Spektret... ... ... » 243.
De fraunhoferska linierna ... ... » 246.
Kontinuerliga spektrer samt gasers och ångors spektrer ... ... » 247.
Spektralanalysen ... ... » 248.
Spektralapparater ... ... » 251.
Spektralanalysens resultat ... ... » 254.

Camera obscuran.

Verlden i den mörka kammaren ... ... » 259.
Linserna... ... ... » 260.
Linsbilder ... ... » 264.
Akromatiska linser ... ... » 265.
Linsers slipning... ... ... » 267.
Camera obscuran ... ... » 269.
Laterna magican eller trollyktan ... ... » 271.
Dimbilder ... ... » 274.
Undercameran ... ... » 276.

Ögat. Panoraman, kromatropen och stereoskopet.

Ögat . ... Sid. 277.
Seendet med ett öga ... ... » 279.
Panoraman ... ... » 281.
Ljusintryckets hastighet och varaktighet » 283.
Färgsnurran... ... ... » 283.
Trollkortet och trolltrumman ... ... » 285.
Kromatropen ... ... » 285.
Subjektiva ljusförnimmelser ... ... » 286.
Seendet med två ögon... ... ... » 288.
Stereoskopet... ... ... » 289.
.Telestereoskopet ... ... » 295.

Uppfinningen af teleskopet.

Uppfinningens historia ... ... Sid. 297.
Tubens inrättning ... ... » 300.
Den holländska eller galileiska tuben... » 301.
Den astronomiska eller keplerska tubens princip ... ... » 301.
Jordtuben eller terresterkikaren ... ... » 302.
Nonien och mikrometern ... ... » 307.
Reflektorerna eller spegelteleskopen ... » 308.
Tubens betydelse ... ... » 311.

Mikroskopet.

En ny verld... ... ... » 318.
Det enkla mikroskopet... ... ... » 319.
Solmikroskopet ... ... Sid. 320.
Det sammansatta mikroskopet... ... ... » 321.
Mikroskopets historia ... ... » 323.
Mikroskopets användning ... ... » 327.
Hvad ser man genom mikroskopet? ... » 329.

Elektriciteten och uppfinningen af elektricitetsmaskinen.

Forntidens kännedom om elektriciteten. Sid. 337.
Elektricitetens attraktion och repulsion » 339.
Positiv och negativ elektricitet ... ... » 340.
Ledare och oledare .. .. » 342.
Elektricitetsmaskinen ... ... » 342.
Ångelektricitetsmaskinen ... ... » 346.
Fördelning ... ... » 346.
Franklins skifva... ... ... » 347.
Leidenflaskan ... ... » 347.
Elektroforen... ... ... » 349.
Influenselektricitetsmaskinen ... ... » 350.
Elektriska försök ... ... » 351.

Uppfinningen af åskledaren.

De gamlas tankar om åskan ... . Sid. 354.
Hvad är åskan?... ... ... » 356.
Åskdundret ... ... » 358.
Blixtens verkningar .... » 359.
Åskledaren ... ... » 360.
Åskledarens inrättning... ... ... » 362.

Galvanismen, elektriska ljuset och galvanoplastiken.

Galvani och grodorna ... ... Sid. 366.
Den elektriska strömmen, galvanismen » 367.
Elektromotorisk kraft ... ... » 368.
Galvaniskt element ... ... » 368.
Voltas stapel ... ... » 369.
De konstanta batterierna ... ... » 371.
Den galvaniska strömmens verkningar » 373.
Det elektriska ljuset ... ... » 375.
Den galvaniska strömmens kemiska verkningar... .. .. » 377.
Galvanoplastiken ... ... » 379.
Galvanisk förgyllning och försilfring... » 385.

De elektromagnetiska apparaterna.

Örsteds upptäckt ... ... Sid. 388.
Multiplikatorn ... ... » 390.
Elektromagnetismen ... ... » 392.
Induktionsfenomenen ... ... » 393.
Rotationsapparater ... ... » 394.
Elektromagnetiska motorer ... ... » 397.

Uppfinningen af telegrafen.

De gamlas telegrafi... ... ... Sid. 401.
Chappes telegraf ... ... » 403.
Den optiska telegrafen i Sverige ... ... » 405.
Den elektriska telegrafin ... ... » 409.
Den galvaniska telegrafen... ... ... » 410.
Den elektromagnetiska telegrafen... ... » 415.
Visartelegrafen ... ... » 419.
Steinheils uppfinning ... ... » 423.
Morses elektromagnetiska telegraf ... » 424.
Trycktelegrafen... ... ... » 428.
Hughes' apparat ... ... » 430.
Olsens tryckapparat ... ... » 431.
Casellis pantelegraf... ... ... » 433.

Elektriska batterier och ledningar ... Sid. 434.
Dubbeltelegrafering... » 436.
Underjords- och undervattenskablar ... » 437.
Elektriska ur och väckare... » 447.
Elektriska telegrafen i Sverige ... » 448.

Kompassen.

Forntidens kunskap om magneten ... » 449.
De naturliga magneterna ... » 451.
Konstgjorda magneter ... » 451.
Kompassen ... » 452.
Jordmagnetismen ... » 453.
Deklination, inklination och intensitet » 454.
Jordmagnetismens förändringar ... » 456.
Norrskenet ... » 457.

Tonernas verld.

Ljudvågorna... » 461.
Ljudets reflexion ... » 463.
Språkröret och luren ... » 464.
Tonen ... » 465.
Monokorden ... » 467.
Musikaliska intervaller och skalorna ... » 468.
Svängningsknutar ... » 470.
Öfvertoner ... » 472.
Kombinationstoner ... » 473.
Svängande luftpelare, pipor ... » 474.
Örat ... » 476.
Telefonin ... » 476.

De musikaliska instrumenten.

Musikinstrumentens uppfinning ... Sid. 479.
De rytmiska instrumenten... » 480.
De melodiska instrumenten ... » 483.
Harpan ... » 483.
Gitarren och cittran ... » 490.
Klaveret och de klaverartade instrumenten ... » 492.
Pianots bygnad ... Sid. 497.
Mekaniken ... » 500.
Klangfärg ... » 509.
Fiolen och de fiolartade instrumenten » 510.
Fiolens beståndsdelar och teori ... » 515.
Fioltillverkningen i Tyskland ... » 518.
Blåsinstrumenten ... » 520.
Trumpeten och hornet... » 521.
Klarinetten, oboen, fagotten ... » 528.
Flöjten ... » 532.
Tunginstrumenten ... » 533.
Munharmonikan... » 534.
Fysharmonikan ... » 535.
Dragharmonikan ... » 535.
Spelverk, speldosor... » 537.
Orgeln ... » 538.

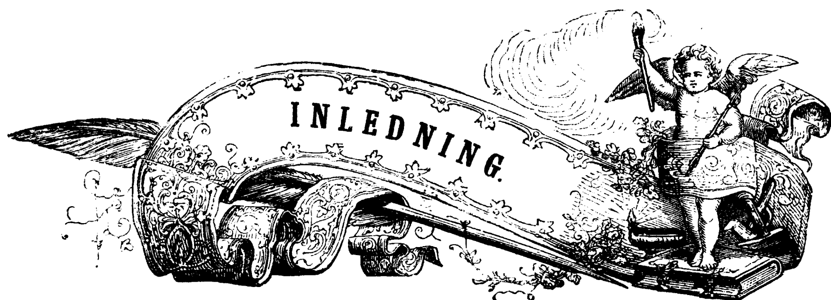
Termometern.

Värme och köld ... » 547.
Värmets uppmätning ... » 548.
Hvad värme är... » 549.
Värmets verkningar... » 550.
Hvad vi förstå med gas ... » 551.
Hygrometern eller fuktighetsmätaren... » 552.
Meteorologi och meteorograf ... » 554.
Termometerns förfärdigande ... » 555.
Värmet i naturens hushållning ... » 558.

Ångan och ångmaskinens uppfinning.

Luftens fuktighetshalt ... Sid. 563.
Ångmaskinens princip ... » 564.
Ångmaskinens historia ... » 567.
Ångfördelningen. Sliden ... » 586.
Excenterskifvan ... » 587.
Ångpannan ... » 588.
Ångmaskinens medtäflare ... » 593.
Gaskraftsmaskinen ... » 594.
Kalorik- eller varmluftsmaskinen ... » 599.

STOCKHOLM,
IVAR HÆGGSTRÖMS BOKTRYCKERI.
1874.



Betrakta vi en ångmaskin, som drifver snällpressarna i ett tryckeri, eller svarf- och hyfvelmaskinerna i en mekanisk verkstad, eller beskåda vi en sådan maskin någon gång, då vi med ångbåten ila fram öfver de glittrande vågorna, måste vi, om den skenbart invecklade mekanismen är oss bekant, i sanning häpna öfver enkelheten i de ideer, som ligga till grund för detta beundransvärda alster af menniskans uppfinningsförmåga. Man ser en panna, hvari vatten fortfarande hålles i kokning genom derunder anbragt eld. Den sålunda bildade ångan strömmar in i en cylinder, än på den ena, än på den andra sidan om kolfven, och trycker honom vexelvis fram och tillbaka. Liksom på vanliga spinnrockshjul, förvandlas kolfstångens fram- och återgående rörelse till en cirkelformig och användes medelst kugghjul, dref m. m. att hålla i gång väfstolar, ånghammare, tryckmaskiner, skofvelhjulen eller propellern till ett fartyg o. s. v. Vi finna hos de särskilda delarna ingenting ovanligt, ingen ny kraft, intet gåtlikt urverk. Kugghjul, häfstänger, skrufvar, skarpsinnigt sammanstälda och satta i rörelse genom ångkraften, frambringa dessa underbara verkningar, hvilka den menskliga handen, som likväl först skapade maskinen, ej förmår med samma noggranhet och likformighet åstadkomma. Och alla dessa delar arbeta på samma sätt och efter samma enkla lagar, hvilka såsom *lagar för häfstången* och *det lutande planet* redan träda oss till möte hos den vanliga nötknäpparen, knifven och saxen. Det stora svänghjulet är bestämdt att upptaga de särskilda kraftöfverskotten, när kolfven går fortare, och aflemna dem, när han går långsammare. Hvarje nybegynnare i mekaniken igenkänner deri samma verkan af *trögheten* och *den lefvande kraften*, som man kan varseblifva vid en kastning eller ett hammarslag. Rörelsen hos de båda regulatorskulorna, hvilka svänga omkring, än fortare, än långsammare, och derunder än höja, än sänka sig, står i sammanhang med kolfstångens, och deras hastighet är beroende af kolfvens egen. Regulatorns svängningar bero deremot af *centrifugalkraften*, hvilken vi återfinna så väl i planeternas kringhvälfning och omlopp som i den af gossen slungade stenens rörelse.

Granska vi en såningsmaskin, ett vindspel, ett ur eller en myntpress, möta oss åter samma naturlagar och samma företeelser med på sin höjd den skilnaden, att i ena fallet menniskans eller ett dragdjurs muskelkraft, i det andra spänstigheten hos en fjäder i stället för ångans gör tjenst som drifkraft och att, om uret är ett pendelur, vår blick träffas af en hängande kropps regelbundna svängningar, hvilka man sett öfver allt under årtusenden, men hvilkas rörelselag först upptäcktes af Galilei, då han, mera forskare än andäktig åhörare, med sina tankar följde den fram- och återgående rörelsen hos de från hvalfvet nedhängande ljuskronorna i en kyrka.

Mikroskopet framtrollar en för oss fullkomligt ny verld. Den minsta flintskärfva, ett kritkorn, en smula kiselslam visar oss i tusental de sirligaste kalk- och kiselpansar samt skelett, hvilka för millioner år sedan tillhörde lefvande varelser, som muntert svärmade omkring, tills döden bortryckte dem och förruttnelsen upplöste de organiska delarna; men de små skalen hopades på hvarandra och sammangyttrades till småningom hårdnande stenmassor. Ljusstrålens egenskap att afvika från sin rätliniga bana, när han genomgår genomskinliga kroppar, såsom glas, vatten, bergkristall och dylika, den så kallade strålbrytningen, tusendubblar genom förstoringsglaset skärpan hos vårt synsinne. Hon målar den lysande regnbågen på den mörka molnväggen, hon ger diamanten hans praktfulla färgspel, liksom hon tjusar oss med anblicken af den på grässtrået hängande daggdroppen. Utan henne vore fotografin i sitt nu varande skick ej tänkbar, astronomin skulle föga höjt sig öfver den ståndpunkt, hvarpå hon befann sig hos de gamla egypterna, eller på sin höjd utbredt sig i hypoteser och spekulationer, som svårligen skulle kunnat bevisas. Ty i tuben, liksom i mikroskopet, är strålbrytningen och den på henne beroende konstruktionen af de linsformiga glasen hufvudsaken, hvarpå allt hvilar. Sjelfva vårt öga innehåller samma enkla apparat, en förstorande lins, och intager derigenom en plats i den långa rad af optiska instrument, hvilkas verkan beror på denna enkla egenskap hos ljusstrålen.

På samma sätt kunna vi genom ett närmare studium af den elektriska telegrafen finna, att en enda naturlag omfattar alla de fenomen, vi kalla elektriska och magnetiska, så väl den förödande blixten, som urladdar sig från molnet, som magnetnålens beständiga riktning, hvilken tjenar styrmannen till ledning på öppna hafvet, det vid högre breddgrader med underbar prakt lysande norrskenet ej mindre än de märkvärdiga utfällningarna i galvanoplastiska verkstäder, hvilka stilla, men rastlöst ersätta hela skaror af bildhuggare, bronsgjutare, kopparstickare, träsnidare och förgyllare.

Och när vi vid pianot ackompanjera en sång, framkalla och tillämpa vi genom hamrarnas anslag mot strängarna och röstens klang alla de företeelser och lagar, som ligga till grund för de oändliga vexlingarna i tonernas rike.

Verlden, sådan hon framträder för våra sinnen, skulle kunna liknas vid ett schackspel: ett regelbundet indeladt fält, der endast några få olika massor röra sig, af hvilka hvar och en i sin noga bestämda gång röjer en för sig egendomlig kraft, men der det icke desto mindre ges oändligt många

sätt, hvarpå dessa krafter kunna verka gemensamt eller mot hvarandra samt ordna och ställa massorna så, att likväl för hvarje gång en särskild och alltid för den sakkunnige betydelsefull ide derigenom uttryckes.

Redan för den ytliga betraktelsen blir det tydligt och bekräftas för öfrigt genom de ofvan anförda exemplen, att en noggrann undersökning af dessa skapelsens grunddrag måste utöfva det största inflytande på all mensklig verksamhet, icke blott för så vidt hon tillgodogör den yttre naturen för behofvets och nyttans ändamål, utan äfven då hon gör menniskans egen organism till föremål för sin omvårdnad. Denna påtagliga vinst är således en frukt af *naturforskningen* och *naturvetenskaperna*, såsom vi benämna sammanfattningen af de redan uppnådda resultaten jemte metoderna att föröka, sofra och bringa dem i ömsesidigt organiskt sammanhang.

Liksom naturen är en skön och sammanhängande organism, lika så borde äfven naturvetenskaperna utgöra ett oskiljaktigt helt. Men naturens omätliga rikedom och gränslösa omfång göra, att till och med den största skarpsinnighet och den ihärdigaste flit ej skulle kunna sätta den enskilda menniskan i stånd att vinna noggrann kunskap om alla dessa föremål. Inom det stora området hafva derför under tidernas lopp afsöndrats särskilda fält, hvilka, så mycket som möjligt begränsade, blifvit sjelfständigt odlade.

I synnerhet gäller detta om de båda omfattande vetenskaper, som man fordom kallade *naturlära* och *naturhistoria*, af hvilka den förra filosofiskt behandlar det inre, det lagbundna i företeelserna, den senare deremot samlar och till lättare öfversigt ordnar naturalstren. Den nyare tiden har mer eller mindre utplånat denna skilnad, då han ur högre synpunkter äfven behandlar naturhistoriens sakförhållanden med afseende på deras tillkomst och sättet för deras förändring. *Botaniken* och *zoologin* hafva genom *fysiologin* dragits in på naturlärans område, *mineralogin* bygger på fysisk och kemisk grund och erhåller till och med i *kristallografins* läror en helt och hållet matematisk behandling.

Företeelsernas summa, universum, uppfattas allt mer som ett helt, och astronomin utbildar sig till en gren af *fysiken*, liksom geografin, hvilken ej mera ser sin tyngdpunkt i ländernas godtyckliga politiska begränsning, utan i den geognostiska och klimatiska indelningen.

Redan nu gripa naturvetenskapens alla grenar in uti hvarandra; nästan ingen af dem kan längre behandlas särskildt, och, om äfven ur andra synpunkter än förut, nalkas vi dock allt mer denna enhet i naturuppfattningen, som afspeglar sig i folkens åskådningssätt på deras första bildningsgrader.

Skilde man fordom de delar af naturläran, som befatta sig med naturkrafterna, från dem, som hade till föremål ämnenas egenskaper och arten af deras föreningar, och kallade man sammanfattningen af de förra *fysik*, men vetenskapen om de senare *kemi*, är redan nu en sådan åtskilnad helt och hållet skenbar. Ty allt, hvad vi kalla kropparnas egenskaper, är ingenting annat än den olika yttringen af bestämda krafter. Ett stycke guld är fast, emedan dess minsta delar draga hvarandra till sig; det är tungt, emedan

dragningskrafter äro verksamma emellan det samma och jorden; det är synligt och har färg, emedan ljuset på ett visst sätt återstrålar derifrån; sin temperatur mottager det utifrån; kort sagdt, vi kunna ej uppvisa någon af dess egenskaper, som ej är yttringen af en kraft, hvilken ej får förblandas med materien. Och dessutom har den nya upptäckten af lagen om kraftens oförgänglighet gjort till visshet, att den så kallade kemiska processen ingenting annat är än en särskild yttring af samma urkraft, hvilken våra muskler utöfva såsom mekanisk kraft, hvilken utstrålar från solen såsom ljus och värme, hvilken allt efter omständigheterna äfven träder i verksamhet som elektricitet och magnetism. Det torde derför här vara på sin plats att i korthet omnämna denna vigtiga lag, för hvars upptäckt och förklaring vi ha att tacka två naturforskare, läkaren J. R. Mayer i Heilbronn och den berömde fysikern och fysiologen Helmholtz i Berlin.

Lagen om kraftens oförgänglighet. När vi med händerna hastigt fara öfver en ruggig yta, erfara vi en känsla af värme, axeln till ett vagnshjul upphettas genom nafvets omvridning, och många qvarnar ha blifvit lågornas rof, emedan qvarnstenstapparna ej varit tillräckligt smorda och deras upphettning stegrats derhän, att trävirket kunnat antändas. Hvarifrån kommer nu detta värme? Det uppstår under våra händer, ty det fans der ej förut. Af intet? Visst icke, ty då skulle man länge sedan på denna väg ha funnit perpetuum mobile, en fortvarande, aldrig utsinande kraftkälla.

Verkliga förhållandet är, att i ena fallet den mekaniska kraften hos våra muskler, i det andra den mekaniska kraft, som kringdrifver vagnshjulet eller qvarnstenen, förvandlas: hon försvinner i sin första form och återkommer som värme. Genom fortsatt ifrigt hamrande kunna vi få en spik att glöda; genom att slå stål mot flinta framlocka vi gnistor, och likväl fans värme hvarken i stålet eller flintan; i följd af den hastiga rörelsen uppkommer värmet äfven här från den mekaniska kraften. Hundratals dylika exempel skulle kunna anföras.

Men omvändt är det äfven möjligt att åter förvandla värme till mekanisk kraft, såsom våra ångmaskiner åskådligt visa. Värmet har den egenskapen att utvidga kropparna. I Conservatoire des arts et métiers i Paris hade sidomurarna till en större bygnad genom hvalfvets tryckning börjat gifva sig utåt, så att man befarade ett ras. För att åter räta upp dem drog man midt igenom huset grofva jernstänger och försåg dessa med muttrar, som kunde åtskrufvas utanför. Genom omvexlande uppvärmning och afkylning af hvarannan stång samt tillskrufning af muttrarna på de uppvärmda stängerna, som sedan fingo svalna och då sammandrogo sig, lyckades man bringa murarna i deras förra skick. Kraften låg här i ingenting annat än det värme, man meddelade jernstängerna och som vid afkylningen omsattes i mekaniskt arbete.

Värmet bringar vattnet att afdunsta från ytan af floder, haf och andra vattensamlingar och lyfter det sålunda upp på bergsryggarna. När vi sedan låta det lilla fallet i bäcken drifva vår qvarn, tillgodogöra vi egentligen

ingenting annat än värme från solen, och på samma sätt är det med vindens kraft, som ju endast framkallas genom jordens och luftens olika uppvärmning.

Att värme kan åstadkomma ljus, följaktligen äfven att vi kunna begagna mekanisk kraft till frambringande af ljus eller förvandla henne dertill, synes af det föregående. Svårare är att genom direkta bevis ådagalägga det motsatta förhållandet eller att ljus kan förvandlas till mekanisk kraft; men vi torde få anse det som afgjordt, ty det ges en mängd kemiska förlopp, hvilka försiggå under stor kraftutveckling och, om de också ej underhållas genom ljuset, åtminstone från detta erhålla den första väckelsen. Dessutom frodas och utveckla växterna fullständigt sina organ endast i solens lifvande sken; deras alster, som tjena menniskor och djur till föda eller användas till bränsle, äro lika mycket ett verk af ljuset som af det värme, hvarigenom den kemiska föreningen mellan ämnena åstadkommes, och när vi bränna ved eller äta bröd, komma vi på samma gång i åtnjutande af det i dem förvandlade solljuset samt öka dermed ångans spänstighet eller vår egen muskelkraft.

Elektriska fenomen, liksom ljusfenomen, låta framkalla sig genom friktion, men äfven värme alstrar elektriska strömmar i metaller, i turmalin o. s. v.; ja, sannolikt äro åskans väldiga elektricitetsmassor ingenting annat än solvärme, som under vissa förhållanden framträder i denna egendomliga form. Då det nu är afgjordt, att elektricitet och magnetism kunna hänföras till samma kraft och praktiken gör en verklig och nyttig användning deraf i elektromagneterna å ena sidan och rotationsmaskinerna å den andra, så visar sig, att naturens krafter: mekanisk kraft, värme, ljus, elektricitet och magnetism, på det närmaste sammanhänga med hvarandra. För dem alla ligger en enda naturkraft till grund, eller rättare, de äro blott skilda yttringar af samma kraft; ty vi kunna efter godtfinnande utbyta dem mot hvarandra och efter behag kalla deras olika verkningssätt till lif. Ja, hela det vexlande yttre lifvets rikedom med alla sina former och förändringar skall låta härleda sig från en enda kraft, när de kemiska förloppen, de s. k. föreningskrafterna, låta regelbundet ordna sig under samma synpunkt. Och att detta i sjelfva verket är händelsen, det bevisas af otaliga företeelser, från den enkla föreningen mellan väte och klor till klorväte, hvilken sker ögonblickligt, när solstrålarna träffa en blandning af de båda gaserna, ända till växternas utveckling och ämnenas underbara kretslopp i den lefvande organismen, hvarvid ljus, värme och elektricitet bevisligen spela den vigtigaste rolen. Denna krafternas urform kunna vi för beqvämlighets skull uppfatta som värme, utan att dock dermed vilja tillerkänna det något företräde framför de öfriga.

Företeelsernas och förändringarnas yttersta orsak, som sålunda blifvit hänförd till rörelse (ty alla slags naturkrafter bestå till sitt väsen i vissa de minsta materiela delarnas, atomernas, svängningar), denna första handling, som danade verlden och derigenom, att hon störde materiens döda jemvigt, gaf upphof till alla dessa rörelser, henne känna vi icke.

Utan tvifvel är redan med blotta kunskapen om denna krafternas frändskap en för verldsåskådningen vigtig synpunkt vunnen, men långt vigtigare

och af utomordentligt större betydelse blir denna synpunkt derigenom, att blicken derifrån kan tränga in i naturens hushållning, och för honom uppenbaras den genom fysikens säkra metoder vunna samt af den obevekliga, men också derför allena ofelbara matematiken bekräftade sanningen: att liksom ingen den minsta del af det i verlden befintliga ämnet kan gå förlorad eller helt och hållet tillintetgöras, lika så kan ej heller någon del af hvilken kraft som helst försvinna. Naturen blir hvarken fattigare eller rikare, utom på former, i hvilkas frambringande och förändring hon lägger i dagen en oändlig mångfald.

Samma ämnen, som för hundratusentals år sedan utgjorde stenarnas verld, vattnen, växterna och djuren, fogar hon ännu tillhopa, och samma kraftförråd, hvarigenom företeelserna då kallades till lif, finnes ännu i dag till. Sjelfklart är, att, då vi tala om naturen, vi ej blott afse förhållandena på vår jord. Här är fråga om hela den bestående verlden, den i det omätliga fjerran sväfvande Sirius lika väl som vår egen kropp, ty vi stå i fortfarande kraftutbyte med verldens mest aflägsna rymder, skedde det också endast derigenom, att jordklotet utstrålar en del af sitt värme och derigenom bidrager till höjande af verldsrymdens temperatur eller att vi träffas af den svaga ljusstrålen från ett stjerntöcken.

Sedan man funnit, att värme kan förvandlas till mekaniskt arbete, detta till elektricitet, elektricitet till magnetism, magnetism åter till mekaniskt arbete, ljus och värme, och att allesammans kunna på det mest olika sätt öfvergå till kemiska krafter, uppstod frågan, huru vida en bestämd mängd värme motsvarade en bestämd mängd ljus eller en bestämd mängd elektricitet. Denna fråga hade framkallats genom den länge bekanta omständigheten, att höjandet af en ångmaskins kraft fordrar en ökad förbrukning af bränsle, som står i ett mycket noga förhållande till verkningen. Ett visst belopp mekaniskt arbete motsvarar följaktligen en viss mängd värme. Samma värmemängd ger alltid blott samma arbete eller kan alltid blott gifva samma arbete, om hon helt och hållet förbrukas dertill och ej på något sätt bortslösas, t. ex. genom utstrålning. Det återstod att undersöka, om ett liknande förhållande som det emellan värme och mekaniskt arbete äfven egde rum t. ex. mellan detta och elektricitet, och vidare mellan alla andra naturkrafter. Genom de skarpsinnigaste metoder, på hvilkas beskrifning vi här ej kunna inlåta oss, genom användande af säkra mått, medelst hvilka de särskilda krafterna kunde i sina verkningar mätas och till sitt belopp på det noggrannaste bestämmas, lyckades man lösa denna fråga derhän, att ett sådant förhållande ej blott måste finnas, om de särskilda kraftarterna skola kunna utbytas mot hvarandra, utan äfven i verkligheten påträffas, att genom öfvergången af en art i en annan endast qvaliteten, men ej qvantiteten förändras. Liksom en bestämd värmemängd ger ett visst belopp mekaniskt arbete, lika så motsvaras hon af en viss mängd elektricitet, magnetism o. s. v., och dessa stå åter sins emellan i samma noggranna förhållande.

Nu kan det väl synas, som om vid de i naturen oupphörligt försiggående förvandlingarna samma verkan ej alltid ernås genom samma medel. Men detta är i sjelfva verket endast skenbart, emedan vår vanliga iakttagelseförmåga ej förslår att uppspåra alla de vägar, på hvilka delar af kraften genom omständigheterna föranledas att undandraga sig vår iakttagelse. För vissa fall är genom omedelbar mätning bevisadt, att ingen förlust eger rum, och hvad experiment, mått, våg och vigt ådagalagt för enstaka fall, det har matematiken bekräftat som en allmän lag. Detta är lagen om kraftens oförgänglighet, jemte upptäckten af tyngdlagen den mest storartade, som någonsin blifvit gjord.

Men den frågan ligger nära till hands: om således ingenting går förloradt af ämne eller kraft, ingenting försvinner ur verlden, hvilken utsigt finnes då, att de också alltid skola utöfva denna inbördes vexelverkan, som håller den nu varande verlden vid makt, och kan naturvetenskapen försöka att ge ett svar härpå? Med andra ord: ha vi skäl att tro på en verldens undergång, och af hvad slag skall denna bli?

Efter föregående betraktelser är svaret på denna fråga väsentligt underlättadt. Ty då vi sett, att ej det minsta kan gå förloradt hvarken af ämne eller kraft, skall ingen längre hysa den tanken, att, när det talas om en verldsundergång, dermed kan menas en fullständig tillintetgörelse, uppkomsten af ett stort tomrum, ett intet. Man skulle på sin höjd kunna tänka på en förstöring af former, på ett upphörande af de förändrande krafterna. Men då ej heller krafterna kunna försvinna, återstår endast den möjligheten för en verldsundergång, att omständigheterna skulle beröfva dem tillfälle att yttra sig.

Men detta fall måste en gång nödvändigt inträffa, om vi få tillerkänna de bekanta lagarna bestående giltighet, och hvarje dag, som går, minskar den tid, som ligger emellan det närvarande och den stora döden.

Alla krafter verka nämligen, i det de sträfva att sätta sig i jemvigt. Endast om en kropp undergår förändring till sin temperatur, så att han antingen mottager eller afgifver värme, förändrar han volym och kan framkalla mekaniska eller elektriska eller ljusfenomen. Han må vara aldrig så het, ha i sig upptagit aldrig så mycket värme, skall dock, när allt rundt omkring honom är lika varmt, så att intet utjemnande, ingen ändring i temperaturförhållandena kan ega rum, allt detta värme ej kunna åstadkomma någon kraftyttring. Värmet hos en kropp verkar endast genom motsatsen till andra mindre varma kroppar, på hvilka det kan öfvergå. På samma sätt är det med ljuset, som endast kan framkalla förändringar och företeelser, så länge det ännu finnes mörker. Elektriciteten frambringar sina egendomliga verkningar, när positiv och negativ elektricitet förena sig, och hos magnetismen möter oss i motsatsen mellan polerna samma förhållande.

Vilja vi således tänka oss samtliga dessa verldskrafter en gång förvandlade i värme, kommer all rörelse och all förändring, med andra ord allt lif att upphöra, då samma temperatur herskar i hela verldsrymden, då det ej mera finnes något varmare eller kallare ställe. Den ömsesidiga drag-

ningskraften mellan himlakropparna är försvunnen, ty hon är förvandlad till värme, stjernornas rörelse har länge sedan upphört, lika så dragningskraften mellan de minsta delarna, genom hvilken kropparna ega fasthet. Materien har förlorat sin form, har blifvit ett atomistiskt stoft. Ingen ljusstråle dallrar genom den mörka natten, allt ljus är värme, och till och med detta har blifvit overksamt. Dess sista yttring har varit att i hela rymden utjemna motsatserna: en fullständig frid, en evig hvila herskar i verlden.

Detta slut på allt kroppsligt lif kunna vi sålunda förutsäga, ty liksom jorden hittills förlorat allt mer af sitt värme och utstrålat det i verldsrymden, liksom hon endast genom värmeutstrålningen från solen bibehåller sig i sitt närvarande skick, lika så skall också denna hennes lifskälla småningom utsina, ty de ständiga utgifterna måste till slut uttömma äfven solens värmeförråd. De elektriska, magnetiska och ljusfenomenen, de kemiska förloppen, den organiska verldens lif och växtlighet, allt särskilda yttringar af samma kraft, hvilken vi nu antagit vara värmet, skola försvagas med detta och slutligen helt och hållet upphöra, när en likformig temperatur råder i hela verldsrymden. Men vi kunna icke, ej ens i aflägsnaste mån, bestämma den tidrymd, som ännu skiljer oss från denna slutliga död. Är det genom sakförhållanden visadt, att jordens värmeförhållanden på mer än 2 000 år ej ändrat sig $^1/_{100}$ grad, måste tiden för verldens sannolika fortbestånd blifva för oss alldeles ofattlig, och tanken på det aflägsna tillkommande, som likväl visar forskaren den säkra döden, vänder ej nedslagen, utan snarare upplyft tillbaka, ty den stora lag, han upptäckt, antyder en oändlighet af faser, som lifvet måste genomgå, innan det återvänder till den eviga hvilan.

Vi ha meddelat våra läsare dessa tankar för att visa fruktbarheten och den höga betydelsen af den vetenskap, med hvars tillämpningar vi i det följande skola syselsätta oss.

Fysiken kan anses som hela den synliga verldens grundvetenskap; hon leder vår tanke till ett ej anadt fjerran af tid och rum, på samma gång hon förklarar lagarna för de mest enkla redskap, t. ex. skrufven och häfstången. Vi ha henne att tacka för de största framsteg, som under de senaste hundra åren blifvit gjorda.

Fysikens historia. Om också anledningar till betraktelser öfver naturföreteelserna ständigt finnas för handen och dessa redan under den mest aflägsna forntid måste ha syselsatt menniskorna, fordras dock en viss utbildning af tankeförmågan för att bringa iakttagelserna i en bestämd ordning och ännu mer för att från fenomenen sluta till deras orsak. Redan de äldsta menniskorna gjorde vid förfärdigandet af sina enkla redskap omedvetet bruk af de fysiska lagarna; sedermera har man samlat en stor rikedom af sakförhållanden, men de första försöken att på vetenskaplig väg tillgodogöra dessa rika material gå ej särdeles långt tillbaka i det förflutna.

Först i Egypten träffar man tecken, hvilka antyda, att, liksom detta land i allmänhet var den grekiska kulturens vagga, det likaledes äfven var hembygden för forntida vetenskaplig bildning i matematik, fysik, astronomi och kemi.

Emellertid tyckas dessa frön till naturvetenskap ej ha funnit någon gynsam jordmån hos de flesta bland de folk, med hvilka egypterna stodo i beröring. De handelsidkande asiatiska nationerna hade närmast andra syften. I samma mån fenicernas sjöfart utvecklades och detta folk genom sina kolonier och handelsresor erhöll noggrannare kännedom om aflägsna länder, i synnerhet norra kusten af Afrika (Kartago), ha troligen äfven hos dem framsteg blifvit gjorda i naturkunnigheten. Många af de kunskaper och uppfinningar, som man tillskrifver detta företagsamma folk (salpeter, glas o. s. v.), kunna vi likväl ej betrakta som förvärfvade på vetenskaplig väg; de voro snarare slumpens verk och erbjuda som sådana ingen måttstock för bedömande af den ståndpunkt, hvarpå naturvetenskaperna då befunno sig. Att hebreerna medförde en stor mängd insigter från Egypten, lära vi af Moses' böcker; men de osäkra politiska förhållandena hos detta folk tilläto det ej att egna naturvetenskapen någon fruktbärande vård. Mera synes etruskernas allvarliga lynne ha vändt sig åt utforskandet af naturens hemligheter.

Men egypternas egentliga arfvingar voro Greklands snillrika folk. Dess förnämsta män fulländade sin uppfostran i Egypten; under vidare resor gjordes en mängd omedelbara iakttagelser, och det grekiska lynnets liflighet kräfde sjelfständigt svar på uppkommande frågor. Om derför Egypten äfven gaf den första utvecklingen mäktiga eggelser, måste man icke desto minde tillerkänna grekerna en sjelfständig utbildning af alla vetenskaper, och bland dem äfven af naturkunnigheten.

Till en början öfvade sig det filosofiska skarpsinnet på förklarandet af verldens tillkomst (kosmogoni); detta ledde till antagandet af urämnen (element). Empedokles (460 f. Kr.) undanträngde genom sin lära om de fyra grundelementen: eld, luft, vatten och jord alla äldre teorier, och, märkvärdigt nog, har denna dogm förstått att bibehålla sig ända till den nyare kemins tid. Ty värr hade man dock under denna på goda hufvuden så rika tid, omkring 500 f. Kr., ännu ej lärt sig inse värdet af iakttagelsen; en sinnrik ide och några tillfälliga öfverensstämmelser voro nog att sätta snille och flit i verksamhet för att skapa ett verldssystem. Utmärkta och kunskapsrika män ha derför ej heller gjort det gagn, som de med sin förmåga skulle kunnat uträtta (Pytagoras). Först med Demokritos från Abdera (d. 404 f. Kr.), Sokrates och Aristoteles började ett nytt tidskifte. Om också de förstnämda ej riktade naturvetenskapen med något nytt material, var likväl den riktigare metod, de gent emot sofistiken uppstälde, af största vigt; filosofen från Stagira deremot, genom sin lärjunge Alexander den store utrustad med omätliga hjelpmedel, utvidgade på det mångsidigaste kännedomen om sakförhållandena och gjorde derigenom naturkunnigheten till en sjelfständig vetenskap, hvad hon förut ej varit.

Hvad särskildt fysiken angår, var det i början stjernornas rörelser, som manade till forskning; med astronomins utveckling gick den fysiska geografins hand i hand. Eratostenes från Kyrene (228 f. Kr.) var den förste, som försökte mäta jordens omkrets. Beträffande ljusets fenomen och de elektriska,

som grekerna iakttogo hos bernstenen (elektron), den tilldragande och bortstötande kraften hos magneten, som äfvenledes var dem bekant, åtnöjde man sig ännu med symboliska förklaringar; och om sålunda Schweiggers försök att betrakta hela den grekiska mytologin som en symboliserad naturuppfattning ej vore allt för vågadt, måste vi säkerligen tillerkänna de i hennes läror invigda stor kunskap i naturens förhållanden.

Romarna erhöllo sitt naturvetenskapliga vetande, liksom sin andliga bildning öfver hufvud, från det af gudarna älskade Grekland. Men det är redan på annat ställe*) visadt, hvarför någon egentlig vetenskaplig bildning ej kunde uppkomma hos detta folk. Endast matematik och några beslägtade grenar af krigsvetenskapen (befästnings- och bygnadskonst) gynnades; för öfrigt blef visserligen en och annan naturvetenskaplig fråga föremål för en märkvärdig poetisk framställning, men egentlig forskningslust saknades. Till och med de båda Plinierna och den förtjenstfulle Strabo drefvos mer af ifver att samla än af begär att utforska fenomenens lagar.

Deremot uppträda araberna som verkliga befordrare af naturvetenskaperna. Genom sitt lif i det fria voro de redan temligen förtrogna med några grenar deraf, såsom astronomi och meteorologi, och det var derför äfven åt de matematiska vetenskaperna, man först egnade en omsorgsfull vård; men dessutom påträffa vi äfven här de första begynnelserna till kemin, hvilka af dem fördes till Spanien och genom korsfararna till det vestra Europa.

Omständigheterna gjorde, att dessa vetenskaper här rönte en egendomlig behandling. Under århundraden hade nästan alla områden för vetenskaplig forskning legat öde, och det derigenom urartade sättet att tänka hade till följd, att det inbrytande ljuset från första stunden blef förvridet. Astronomin missbrukades till astrologi, och det var först Kepler, som förmådde befria henne från dessa ovärdiga bojor; kemin blef alkemi. Men i trots af allt detta visade sig den evigt friska kraften hos dessa vetenskaper verksam deruti, att hon återförde de vilsegångna andarna till naturen. Bekantskapen med hennes företeelser och lagar frigjorde slutligen äfven tanken, hvilken genom Copernicus och Galilei slet den första refvan i den fruktansvärda slöja af dumhet och lögn, som prestväldet utbredt öfver folken.

Albertus Magnus (d. 1280), Roger Bacon (1294), optikern Vitellio (1280), Konrad von Meyenberg (1349), Raymundus Lullus (d. 1315), Thomas af Aquino (1274), Johann von Gmünden (1442), Georg von Peurbach (1461) och Johannes Müller Regiomontanus (f. 1436, d. 1476) äro namn, som alla tider skola nämna med djup aktning. Redan omkring år 1300 gaf Theodorik från Apolda en förklaring öfver regnbågen, glasögonen uppfunnos kanske vid samma tid, och det vill synas, som vi hade Alessandro di Spina att tacka för denna uppfinning; några år förut måhända hade Flavio Gioja från Amalfi uppfunnit eller förbättrat kompassen.

Sjöfarten, hvars gränser utvidgades genom kompassen, lät Columbus upptäcka den linie, der magnetnålen ej missvisar. Han upptäckte äfven vär-

*) Inledningen till första bandet.

mets aftagande i de högre luftlagren. Som utmärkt naturforskare under 15:e århundradet nämna vi Leonardo da Vinci, hvilken ej blott bearbetade den hans konst närliggande optikens område, utan äfven hydrauliken, och införde reda och klarhet i den då utan vetenskapliga grunder behandlade meteorologin. Hans förnuftsenliga uppfattning af naturföremålen och deras systematiska behandling visa honom redan lifvad af samma anda, som sedermera genom Bacon af Verulam fick insteg i forskningen.

Regiomontanus hade i början af 15:e århundradets senare hälft konstruerat paraboliska brännspeglar och uppfunnit decimalräkningen, förfärdigat jord- och himmelsglober, iakttagit månens libration och ekliptikans lutning, men framför allt genom sina forskningar utöfvat ett så omedelbart inflytande på Copernicus, att hans namn på ett ärofullt sätt är förenadt med utbildningen af det astronomiska system, som blifvit naturvetenskapens grundval.

Det första storverket, sedan Copernicus (d. 1543) redan uppstält sitt system, utfördes af Kepler, hvars lagar för planeternas rörelser, äfvensom de af hans ej mindre utmärkta samtida Galilei uppstälda lagarna för pendeln, inledde ett helt och hållet nytt tidskifte, då naturforskningen anser noggrann iakttagelse och omedelbart derifrån härledda samt klart uppfattade slutsatser som de enda tillförlitliga auktoriteterna. Kepler är äfven uppfinnare af den efter honom uppkallade astronomiska tuben, hvars konstruktion var en frukt af hans optiska undersökningar. Den riktiga teorin för ögats verksamhet utvecklades af honom på grund af lagarna för ljusbrytningen, och namnet dioptrik för denna gren af optiken härrör från Kepler. Och liksom Regiomontanus var Copernicus' föregångare, var Kepler genom sina åsigter om kropparnas inbördes dragningskraft en föregångare till tyngdlagens upptäckare, Newton.

Hade den snillrike Bacon af Verulam (f. 1561, d. 1626) redan genom det öfvertygande i sitt framställningssätt förberedt den genom Kepler och Galilei grundlagda omhvälfningen inom fysiken, så hade å andra sidan genom Descartes den matematiska metoden för behandlingen af fysiska problem blifvit skjuten i förgrunden och genom Huyghens, uppfinnaren af pendeluret, men i synnerhet genom Isaac Newton från Woolsthorpe (f. 1642, d. 1727) lagd på en så fast grund, att han synes bestämd att blifva ett rättesnöre för alla tider. De fenomen, man förut ansett ofantligt invecklade, läto genom honom bringa sig till enkla uttryck, och den upptäckta lagbundenheten blef också nu på det mest fruktbärande sätt använd. Ehuru Newton ej så uteslutande som Descartes tillämpade den matematiska behandlingen, utan snarare sökte finna frågornas lösning, t. ex. den om ljusets natur o. s. v., genom de noggrannaste och mödosammaste experiment, som ännu i dag stå oöfverträffade, blef likväl för honom äfven här, liksom vid de mekaniska och endast på rörelse beroende problemen, matematiken den slutliga pröfvostenen, och det var just genom den ständiga hänvisningen till den genom experiment vunna erfarenheten, som han hindrade forskningen att förlora sig i dessa tomma spekulationer, hvaruti de gamla

filosoferna, ofta från rent matematisk ståndpunkt, försjunkit och hvartill äfven Kepler och Descartes lutade. Hvilken andel Newton hade i utbildningen af fysiken, åt hvilken han upptäckte tyngdlagen och som han genom optiska undersökningar riktade, få vi i afhandlingen om ljuset tillfälle att se.

Före och samtidigt med honom arbetade Otto von Guericke (f. 1602, d. 1686), fransmännen Paul de Fermat (d. 1665) och Blaise Pascal (f. 1623, d. 1662), Mariotte (d. 1686), som upptäckte den berömda lagen för instängda luftmassors spänstighet, Bernoullierna och framför allt Christian Huyghens (d. 1695). Huyghens upptäckte den polarisation, en ljusstråle undergår, när han tränger igenom en isländsk dubbelspatskristall, denna vigtiga iakttagelse, som ligger till grund för undulationsteorin, hvilken han sjelf uppstälde. (Spegelpolarisationen fans af Malus år 1808, och tre år senare upptäckte Arago den kromatiska polarisationen). Hooke och Grimaldi hade redan 1665 före Huyghens iakttagit interferensfenomenen, hvilka likaledes endast genom antagande af ljusvågor kunde förklaras; men de hafva ej på samma sätt tillgodogjort sina iakttagelser, och åt Huyghens måste derför äran lemnas att ha grundlagt en af fysikens vigtigaste lagar. Bland de tidigaste försvararna af denna i början skarpt angripna sats, enligt hvilken alla ljusfenomen kunna hänföras till vågrörelser uti ett egendomligt fluidum (ljusetern), träffa vi Euler, medan Newton, ehuru han på ett beundransvärdt sätt undersökt och granskat alla i fråga varande fenomen samt derigenom gifvit ytterligare stöd åt den nya teorin, likväl afhöll sig ifrån något direkt yttrande öfver frågan om ljusets natur.



Fig. 2. Bacon af Verulam, efter statyn i Westminster abbey.

Från denna tid härstammar, oberäknadt de förut nämda stora lagarna för tyngden, lufttrycket och ljuset, uppfinningen af luftpumpen, kranen, mag-

deburgska halfkloten, elektricitetsmaskinen, laterna magica och kaleidoskopet, hvilka först omnämnas af den lärde pater Kircher, pendeluren och ankargången i de samma (Huyghens), spegelteleskopet, manometern, nonien och hygrometern. Ja, till och med de första tankarna på ångmaskinen träda redan nu i dagen, ehuru de först i det följande århundradet erhöllo sin vidare utbildning.

För 18:e århundradet och ända till våra dagar kunde man uppgöra en lång lista på namn och uppfinningar, utan att derigenom ens till hälften gifva en fullständig öfverblick af fysikens utveckling. Raskt gick det framåt på den en gång beträdda vägen; i synnerhet var det elektricitet och magnetism, som blefvo föremål för en ifrig forskning. Akustiken (ljudläran) bearbetades visserligen af Euler, men fick i jemförelse med de andra grenarna af fysiken stå tillbaka, hvaremot läran om gaser och ångor klart framstäldes af Priestley. Watt, Gray, Nollet, Franklin, Picard, Muschenbrock, Galvani, Volta, Young, Malus, Örsted, Faraday, Fresnel, Arago, Brewster, Biot, Melloni, Daniell tillhöra redan det förra århundradet. Ampère, Seebeck, de la Rive, Regnault, Gay-Lussac, Fechner, Pfaff, Wilhelm Weber, Gauss, Poggendorf, Tyndall, Riess, Pouillet, Jolly, Clausius, Magnus, Dove, Kirchhoff, Helmholtz, Foucault, Lissajous och många andra dela den ära, som det 19:e århundradets fysik vunnit.

Vilja vi ur det 18:e århundradet uttaga den vigtigaste händelsen på de fysiska upptäckternas område, är denna obetingadt ångmaskinens uppfinning, detta redskap, hvarmedelst man endast genom värme kan efter behag frambringa mekanisk kraft. Ångmaskinen, hvilken mer än alla andra föregående eröfringar, mer än Alexander den stores tåg till Indien, mer än upptäckten af Amerika, omskapat de menskliga förhållandena, hvilken utplånat afstånden mellan folken, upphäft de politiska och nationela gränserna, tusendubblat krafterna och minskat kostnaderna för åstadkommandet af våra byggnader och råämnenas bearbetning till nytta eller nöje, som lindrat fattigdomen, ty han verkar utjemnande derigenom, att han leder öfverflödet dit, der brist råder, som mångdubblat vår korta lefnads dyrbaraste egendom, tiden, som lyft menniskan ett trappsteg högre, i det han befriat henne från en mängd lägre mekaniska göromål, till hvilka hon tillika med djuren var dömd — ångmaskinen är endast något mer än hundra år gammal. År 1769 uppfans han af James Watt, ej tillfälligtvis, som den slöe negern i Brasiliens diamantdistrikt hittar en ädelsten i sanden, utan efter skarpt och träget tänkande öfver ångans natur. Nära 2000 år förut hade redan Heron från Alexandria iakttagit egendomliga verkningar hos ångan och derpå grundat en märkvärdig apparat. Redan då låg allt så nära, men hvarken ångcylindern med sin rörliga kolf eller reaktionsturbinen, hvars princip äfven första gången fann ett uttryck i denna gamla inrättning, framgingo då derutur.

Föga äldre än ångmaskinen är åskledaren (1752). Ehuru många gerna skulle vilja tillskrifva de gamla grekerna en noggrann kännedom om elektriciteten och påstå, att de, för att afleda den förderfliga blixten från sina

tempel, planterat höga träd omkring dem, tillkommer likväl förtjensten af denna uppfinning obestridligen den store amerikanske medborgaren Benjamin Franklin. I början af 18:e århundradet upptäcktes grunden för de elektriska fenomenens inre sammanhang, och först i följd af denna kunskap blef det möjligt att inse åskans natur och finna medel till afvärjande af hennes skadliga verkningar. Alla andra uppfinningar på elektricitetens och magnetismens område tillhöra en senare tid, ty grundsanningarna måste först vara uttalade, innan de tillämpningar och slutsatser, som derpå stöda sig, kunna göras.

Redan sedan den äldsta forntid har man gjort de mest olika försök att telegrafera. På ett afstånd af 50 mil underrättade Agamemnon ännu samma natt genom förut aftalade eldsignaler sin gemål Klytemnestra om Trojas undergång. Men oaktadt behofvet af skyndsamt meddelande mellan långt ifrån hvarandra belägna orter i alla tider låtit känna sig, kunde telegrafin först då erhålla sin nu varande underbara utbildning, sedan elektromagnetismen blifvit upptäckt af Örsted i detta århundrades början, sedan Ampère, Gauss och Weber gjort sina undersökningar öfver detta ämne och män sådana som Steinheil, Wheatstone, Morse m. fl. genom talrika iakttagelser eller snillrika användningar underlättat den praktiska tillämpningen.

Nästan alla instrument och apparater, som ha till ändamål att mäta vissa företeelser eller krafter för att kunna jemföra deras verkningar, ha först efter 17:e århundradet blifvit uppfunna: termometern för värmets och barometern för lufttryckets mätande, manometern för att mäta ångans spänstighet, elektrometern för att utfinna elektricitetsmängden o. s. v. Endast vågen är en gammal uppfinning, men har dock sedermera fått en sådan fulländning och en så vidsträckt användning, att vi kunna med skäl säga, att hon som fysiskt instrument blifvit för andra gången upptäckt vid franska revolutionens tid. I metoden att undersöka alla fenomen till deras mått ligger den nyare fysikens kärna. Alla hennes rön erhålla derigenom en bestämd, af våra osäkra sinliga förnimmelser oberoende betydelse, som endast på matematisk väg är åtkomlig. Endast sålunda kunna vi på alldeles samma sätt åter framkalla ett fenomen (experimentera), hvilket det är af vigt för oss att iakttaga. Eller vore det möjligt att ens påstå, att vattnet ständigt vid samma temperatur fryser eller upptinar, om vi ej hade någon annan måttstock för värmet än känseln hos våra nerver?

Endast mätningsinstrumenten och mätningsmetoderna förmå göra oss svaret på de till naturen stälda frågorna begripligt, förmå öfversätta det på vanligt språk. Något sådant förmår ingen naturfilosofi med alla sina definitioner och förklaringar, som med tomma fraser vilja uttrycka det kraftiga materiela lifvet. Med allt det högtrafvande ordsvall, som utgår från denna så kallade filosofi, har ingen enda naturlag blifvit upptäckt, intet naturfenomen förklaradt, ingen för lifvet nyttig tillämpning gjord.

Den verklige naturforskaren är ej mångordig; ofta innefattas i några få rader resultaten af årslånga, mödosamma arbeten, men dessa få rader inskrifvas outplånligt i mensklighetens urkunder.

Kropparnas allmänna egenskaper.

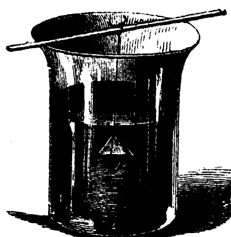
När bildhuggaren bearbetar ett marmorblock och söker gifva den råa stenen form och själ, vinner han detta syfte med tillhjelp af ett fysiskt förlopp. I inskränktare mening kallar man nämligen fysiska alla de förändringar och fenomen, vid hvilka kropparnas inre sammansättning ej undergår någon förändring, i motsats till de kemiska, der en sådan ämnets förvandling, en förändring i dess sammansättning, just är det väsentliga. De borthuggna marmorflisorna äro till sin inre natur alldeles det samma som sjelfva marmorblocket. Helt annat blefve deremot förhållandet, om man i stället för mejsel och klubba använde en frätande syra för att borttaga det öfverflödiga. Ty denna upplöser marmorn, och då hon utdrifver den deri befintliga kolsyran, förändrar hon den inre sammansättningen och verkar sålunda på kemiskt sätt. Ehuru vi redan förut visat, att kemin egentligen endast är en gren af fysiken, vilja vi likväl i det följande för den lättare öfversigt, som en dylik indelning erbjuder, foga oss efter den skilnad, det allmänna bruket gör emellan kemiska och fysiska förlopp. Verkningen af den mekaniska kraft, som enligt konstnärens afsigt omdanade marmorblocket, visar sig i främsta rummet i enskilda delars afsöndring från hufvudmassan. Vore marmorn ej delbar, skulle han omöjligt kunna användas till bildhuggeriarbeten.

Delbarhet, som tillhör alla i naturen förekommande kroppar och hvilken man derför kan kalla en af deras allmänna egenskaper, har egentligen för tanken ingen gräns. Man kan med en hammare krossa en marmorflisa i ännu mindre delar, i en mortel sönderstöta dessa till ett fint pulver, och likväl, om vi bringa ett korn af detta pulver under ett starkt förstorande mikroskop, se vi det ha dimensioner, som ännu ytterligare låta förminska sig. Genom instrumentens fulländning kunna vi drifva förminskningen allt längre och längre, men att på detta sätt upplösa kropparna i deras enkla beståndsdelar skall aldrig lyckas oss.

En gräns för delbarheten måste finnas, der en sammansatt kropp ej vidare skulle kunna förminskas, utan att hans enkla beståndsdelar skildes ifrån hvarandra, der marmorn följaktligen slutligen skulle sönderdelas i kalcium, kol och syre, ty af dessa enkla ämnen, element, består hans massa. Men på den mekaniska vägen kan detta ej uppnås; vi kunna ej framställa en kropps minsta beståndsdelar, hvilka på det vetenskapliga språket kallas molekyler och atomer, afsöndrade från hvarandra. I marmorn är en atom kalcium förenad med en atom syre till kalciumoxid eller kalkjord, denna åter med kolsyra, som består af en atom kol och två atomer syre. Denna förening kallas kolsyrad kalkjord, och det är af henne marmorn består. Den minsta del kolsyrad kalkjord, hvilken således bildar en grupp af 5 atomer, kallar man en molekyl, i motsats till en atom, den minsta del af ett enkelt, ej vidare delbart ämne. Vi skola i fjerde bandet vid behandlingen af de kemiska förloppen få tillfälle att närmare redogöra härför.

Huru atomerna sins emellan äro förenade, kunna vi ej fatta, då våra sinnen här lemna oss i sticket. Men det måste dock finnas särskilda krafter, som äro i verksamhet mellan atomerna och antingen draga dem mer eller mindre starkt till hvarandra, t. ex. hos fasta och flytande kroppar, eller sträfva att aflägsna de särskilda atomerna ifrån hvarandra, såsom händelsen är hos de gasformiga. Dessa krafter, som med ett gemensamt namn kallas molekylarkrafter, yttra sig olika allt efter kropparnas natur. Visa de hos några en sådan styrka, att åtskiljandet af delarna röner betydligt motstånd (diamant, stål, granit, elfenben o. s. v.), äro de deremot hos andra ganska svaga (vatten, qvicksilfver), ja, hos många ämnen ha deras minsta delar till och med en ständig sträfvan att aflägsna sig från hvarandra, att uttänja sig i oändlighet och hindras derifrån endast genom verkan af andra krafter. Luften skulle försvinna i den omätliga rymden och ej som en sex mil tjock mantel omgifva jorden, om hon ej genom den allt förenande tyngdkraften af henne qvarhölles.

Härpå grundar sig kropparnas indelning i fasta, flytande och luftformiga. Man kan i många fall förvandla dessa tillstånd, aggregationsformer, från ett till ett annat, såsom äfven sker t. ex. vid smältning af metaller och gjutning i formar, vid distillering samt i tryckeriernas och färgeriernas torkrum, der man låter det i tyget insugna vattnet bortgå som ånga. På vattnet flyta våra fartyg, och luftströmmarna drifva våra väderqvarnar. De attraherande molekylarkrafterna motverkas af värmet, som söker skilja de små delarna från hvarandra; det förmår derför göra fasta ämnen flytande och bringa de flytande i gasformigt tillstånd.

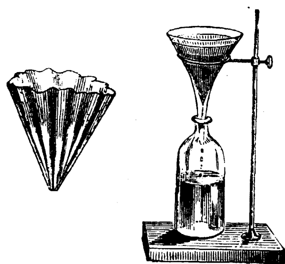

Fig. 3. Växande alunkristall.

Gaserna äro formlösa. De flytande ämnena ändra form efter platsen, kärlet eller rummet, der de befinna sig, och ha blott en enda, genom tyngdkraften bestämd yta, sin spegel. Hon utbreder sig i en horisontal slätt eller, rättare sagdt, i en yta med samma bugtighet som jordklotets. Denna bugtighet, som man ej varseblir hos smärre vattensamlingar, märker man på öppna hafvet på de vid horisonten småningom uppdykande skeppen. De fasta kropparna ega skapnad och form, som de fortfarande bibehålla. Danas de på egendomligt sätt, såsom vid ett djurs växt, en plantas uppspirande ur fröet eller anskjutningen af kristaller ur en lösning af bestämd kemisk sammansättning, är formen regelbunden och återkommer under samma vilkor på samma sätt. De krafter, som vid bildningen af växter och djur inverka på hvarandra, äro af allt för mångfaldig art, att vi ur dem kunna utforska daningens hemlighet. Enklare är förhållandet med de oorganiska individer, som man kallar kristaller. De ha en rent geometrisk grundform, och deras småningom försiggående utbildning skänker den tänkande åskådaren en anblick af fängslande intresse.

Hvem har ej haft sitt nöje af de prydliga stjernor och isnålar, som vid ett snöfall milliontals hvirfla ned genom luften? Huru mången har ej beun-

drat de regelbundna kristaller, som i kemiska fabriker anskjuta ur olika slags lösningar? De minsta kristallkorn tyckas lifvade af en ande, som tvingar dem att gruppera sig enligt matematiska lagar och lägga sig bredvid hvarandra för att bilda en öfver allt af jemna, släta ytor omsluten kropp. Man kan mycket lätt följa förloppet dervid, om man skaffar sig en koncentrerad lösning af något lätt kristalliserande salt (alun, kopparvitriol eller dylikt) och i denna lösning hänger en vid ett hår eller en kokongtråd fäst liten kristall af samma salt, sådana de först anskjuta på kärlets botten (fig. 3).

Men de fasta kropparna förete åter sins emellan en stor olikhet i sin inre sammansättning. Ingen af dem utgör nämligen en allt igenom sammanhängande massa, utan de ha mellanrum, så kallade porer. Alla kroppar äro porösa. En tunt slagen guldhinna är icke ogenomskinlig; hålles hon mot ljuset, genomsläpper hon, i följd af sin porositet, vissa ljusstrålar, som ge henne en grönaktig violett färg. Elfenben och marmor kunna färgås, det vill säga, deras porer insuga det upplösta färgämnet och qvarhålla det, sedan upplösningsmedlet bortdunstat. Denna kropparnas allmänna egenskap blir vid filtreringen skönjbarare (fig. 4). Silduk, sand, kol och olimmadt papper begagnas för att från vätskor afskilja deri befintliga fasta ämnen, i det de låta de förra rinna igenom, medan de senare stanna qvar. Porositeten är en kropparnas egenskap, men beror ej ovilkorligt af deras egentliga väsen, ty graden af porositet kan hos ett och samma slags kropp vara mycket olika, utan att dess kemiska natur derigenom förändras. Helt annat är det med de mellanrum, som man måste antaga förefinnas mellan särskilda atomer och molekyler; dessa måste man tänka sig alltid förekomma med samma regelbundenhet inom samma kroppar, hos de gasformiga så väl som hos de flytande och fasta, och af deras beskaffenhet bero de förändringar, som ljus, värme o. s. v. vid sin gång genom kropparna undergå. Porositet i vanlig mening, det större eller mindre förrådet på små ihåligheter, har för den vetenskapliga fysiken föga intresse, ehuru man ännu allt jemt anses begå ett fel, om man underlåter att uppgifva henne som en bland kropparnas allmänna egenskaper.


Fig. 4. Filter och filtrering.

Elasticitet eller spänstighet är likaledes en för alla kroppar gemensam egenskap. Hon har föga samband med kropparnas fasthet, ty just de gasformiga äro de mest elastiska, medan många fasta ämnen, såsom bly, ega denna egenskap i högst ringa grad. Som bekant, röjer sig denna egenskap i sträfvandet att bibehålla den en gång gifna formen och att återställa den, när den tryckning eller dragning upphör, som åstadkom förändringen. Ett stycke uttänjdt kautsju drar sig åter tillsammans, så snart spänningen upphör. En kautsjuboll studsar, om man låter honom falla; de små delar, som träffa marken, tryckas inåt, och bollen får för ögonblicket en afplattning vid beröringsstället. Detta visar sig, om man, såsom fig. 5 antyder, lå-

ter en elfenbenskula falla mot en något oljad skifva och fångar kulan, när hon åter studsar upp. På det ställe, der kulan vidrört skifvan, ser man nämligen en liten rund fläck. En motsvarande afplattning måste kulan ha undergått; men hennes sträfvande att återtaga sin sferiska form förde hastigt de små delarna tillbaka i deras ursprungliga läge, och kulan studsade i följd häraf upp från skifvan.

Liksom det ej finnes någon kropp, som helt och hållet saknar elasticitet, lika så finnes det ej heller någon, som är fullkomligt elastisk. Material och form, äfvensom inverkan af yttre krafter (dragning, tryck, uppvärmning), utöfva inflytande på kropparnas spänstighetsförhållanden. Öfver allt, der elasticitet användes, måste man fästa afseende på dessa omständigheter.

Med spänstigheten och porositeten hänger förmågan att låta hoptrycka sig, kompressibiliteten, nära tillsammans; det är i följd af denna sin egenskap kropparna, när de utsättas för ett visst tryck, kunna intaga en mindre volym än vanligt. Mest utmärkta i detta hänseende äro gaser och ångor. Hos dem har denna egenskap egentligen ingen annan gräns, än att några af dem, såsom kolsyra, svafvelsyrlighet m. fl., vid ett visst tryck öfvergå i flytande tillstånd, hvilket de lemna, när trycket minskas.

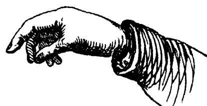




Fig. 5. Verkan af elasticiteten.

Mekanisk kraft. I de korta betraktelser, vi anstält, antogs, att kropparna befunno sig i ett tillstånd af hvila. Men helt andra fenomen uppstå, om man ser dem i följd af någon yttre inverkan komma i rörelse.

När en tungt lastad vagn skall sättas i gång, fordrar detta, som bekant, mycket större ansträngning å hästarnas sida än att draga honom, sedan han väl kommit i rörelse. Hvar och en, som färdats i en båt, vet, att när han plötsligt stöter mot land, ryckas alla, som befinna sig deruti, framåt; ett hopp från en vagn i stark fart måste utföras särdeles skickligt, om det ej skall aflöpa illa. En slungad sten, en afskjuten bösskula, de på himlahvalfvet lysande stjernorna, alla fortfara att röra sig under kortare eller längre tid, men alltid längre än verkningen af den drifkraft varade, af hvilken de sattes i rörelse. Denna kropparnas sträfvan att framhärda i samma tillstånd, antingen af hvila, såsom lastvagnen, eller af rörelse, såsom stjernorna, kallar man deras tröghet.

Den kraft, som meddelas åt en kropp och hvaraf han sättes i rörelse, går ej förlorad, utan aflemnas åter, när kroppen kommer i tillstånd af hvila. Härifrån härleder sig nu den verkan, stöten af rullande och kastade kroppar utöfvar; den mördande kanonkulan fulländar sitt blodiga verk blott genom afgifvandet af den i henne inneboende kraften, som man kallar lefvande kraft, emedan denna, så länge kroppens rörelse fortfar, är i viss mån till-

gänglig eller ligger fri deri och kan blifva verksam i händelse af motstånd. Amerikanerna ha på ett ganska lärorikt sätt användt denna lefvande kraft. För att göra det lättare för hästarna att sätta vagnen i gång, en omständighet, som är af synnerlig vigt för sådana tungt lastade åkdon, som ofta måste stanna, har man anbragt stålfjädrar, som spännas af den lefvande kraften, när vagnen skall stanna, men vid igångsättningen uttänjas och till hästarnas hjelp åter afgifva den vid stannandet magasinerade kraften.

Hos den lefvande kraften äro två omständigheter att taga i betraktande: kroppens vigt och den hastighet, hvarmed han rör sig. Man kan kasta en bösskula längre och med större hastighet än en kanonkula, och likväl utöfvar den senare en större verkan än den förra, när hon möter hinder. Verkningen är nämligen en produkt af massan (vigten) och hastigheten. Man mäter mekaniska krafter på det sätt, att man undersöker, hvilken vigt de med en viss hastighet kunna lyfta. Ångmaskinens svänghjul, som äro afsedda

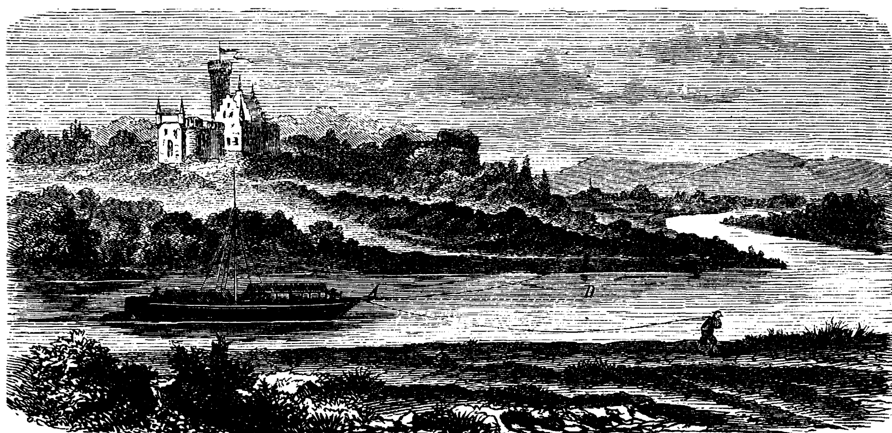


Fig. 6. Två krafters sätt att verka på rörelsens riktning.

att i sig upptaga kolfvens kraftöfverskott, när han går fort, samt åter afgifva det, när han går långsamt, och som äfven bidraga till en regelbunden gång, äro derför ganska tunga. De äro så att säga kraftens sparbössor.

Krafternas parallelogram. Vi ha hittills med ordet kraft endast menat mekanisk kraft. Denna, hvars verkan visar sig i rörandet af materiela massor, är härigenom tydligast märkbar för oss, och vi skola äfven i det följande bibehålla denna betydelse. Hvarje rörelse förutsätter en riktning, och hvarje kraft bestämmes af den riktning, hvari hon verkar, samt af sin styrka. Verkar en enda kraft på en kropp, rör sig denna noggrant i kraftens riktning, så framt han ej af något hindras derifrån.

Men huru blir förhållandet, om flera krafter samtidigt inverka på honom? Man inser lätt, att, när två eller flera krafter verka i samma räta linie och åt samma håll, de måste inbördes förstärka hvarandra, så att kroppen

följer en påtryckning, som är lika med alla de särskilda krafternas summa, men deremot att, om krafterna verka i samma räta linie, men åt motsatta håll, verkningen blir lika med skilnaden mellan de hvarandra motverkande krafterna. Men helt annat blir förhållandet, om de samtidigt verkande krafternas riktningar göra en vinkel med hvarandra, såsom t. ex. i fig. 6, der två karlar från hvardera stranden af en flod draga en i dess midt flytande lastbåt. Båten rör sig hvarken i den ena eller andra riktningen, utan i en, som ligger emellan båda, alldeles som om han droges af en enda i linien *AD* verkande kraft. Samma fall, hvilket kan anses som representant af alla andra, framställes i fig. 7. *A* är båtens plats, *AB* och *AC* antyda de båda karlarnas dragkrafter så väl till riktning som styrka. Linien *AD* utmärker då riktningen af den effektiva kraften, d. v. s. båten rör sig genom inflytandet af de båda nämda krafterna *AB* och *AC* alldeles så, som om han drefves af en enda kraft, till styrka och riktning uttryckt genom *AD*. Då denna kraft kan anses härledd från de båda förut nämda, har man kallat henne medelkraft eller resultant.

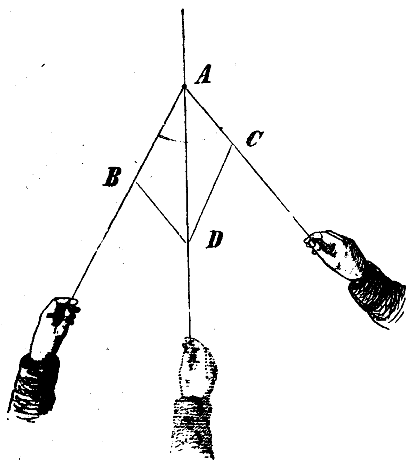


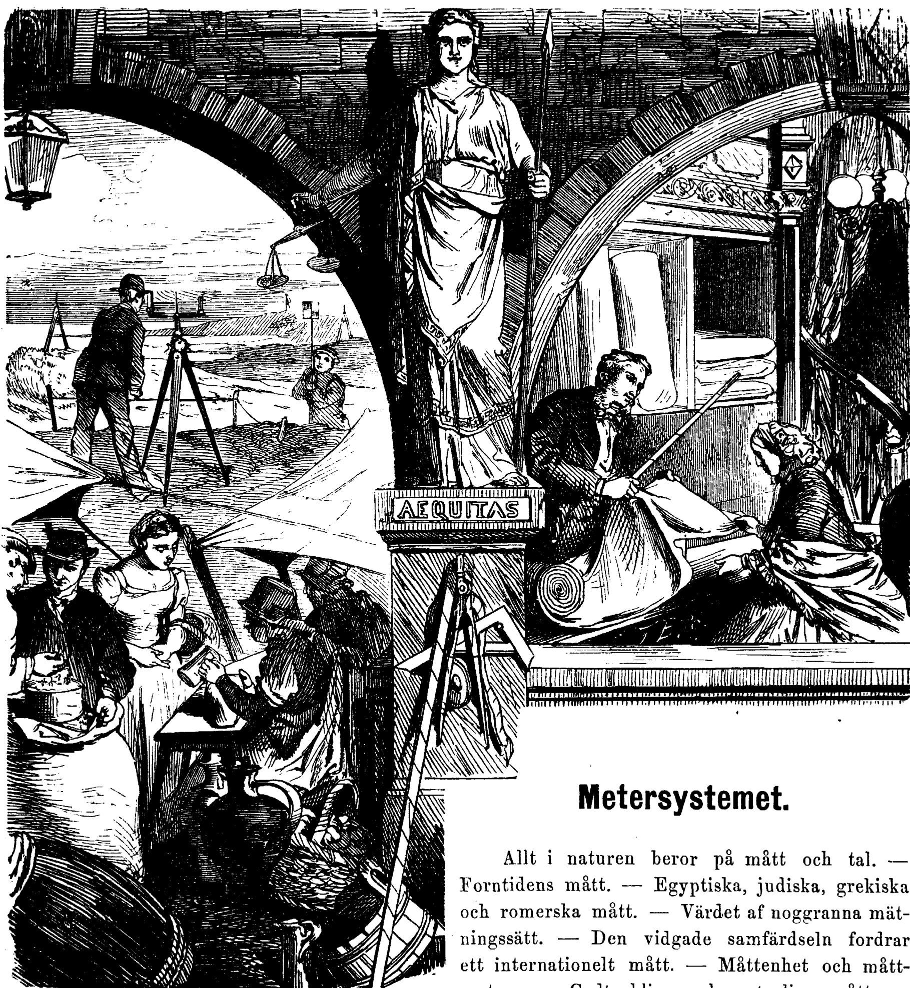
Fig. 7. Krafternas parallelogram.

Man finner hennes riktning och storlek ganska lätt: hon uttryckes genom diagonalen till en parallelogram, hvars två bredvid hvarandra liggande sidor beteckna de båda krafterna (fig. 7). Af denna konstruktion har lagen fått namnet krafternas parallelogram. Han gäller äfven för alla de fall, der tre eller flera krafter verka samtidigt, och man finner här resultanten derigenom, att man först söker henne för två af dessa krafter, derefter på samma sätt sammanställer den sålunda funna medelkraften med en tredje, och så vidare, tills slutligen blott en enda kraft återstår; denna uttrycker då allas gemensamma styrka och riktning. Omvändt kan man betrakta hvarje enstaka kraft som resultant af två andra; denna sönderdelning förekommer ganska ofta i den teoretiska mekaniken, och vi få sjelfva anledning att göra bruk deraf.

Ett af de intressantaste exemplen på krafters samverkan har den nyare tiden lemnat i den länge som underbar beryktade borddansen. Ingen kan förneka, att bordet verkligen börjar röra sig, när ett antal personer på bekant sätt en stund lagt händerna på bordskifvan, och denna företeelse, som under vanliga förhållanden kan med samma säkerhet å nyo framkallas, försatte vid början af femtiotalet hela den bildade och obildade verlden i häpnad och bestörtning. Man trodde sig ha kommit en ny kraft på spåren, en gåtlik drifkraft, som skulle uppkomma i nerverna eller på annat sätt, liksom elektricitet väckes genom beröring mellan två olikartade krop-

par, koppar och zink, kol och zink eller dylikt. Att man ej äfven i andra naturföreteelser kunde varseblifva kraften, ansågs ej som giltigt skäl emot dess tillvaro: man hade ju ej heller för fyrahundra år sedan något begrepp om galvanismen. Olyckligtvis förnekades sjelfva sakförhållandet på förhand af många, som efteråt, sedan de tagit plats vid bordet, blifvit öfvertygade derom, och hvarje af dem gjordt försök till en naturlig förklaring, hvarje tvifvel, som af dem framkastades mot det underbara, blef nu ett föremål för åtlöje. Hade tviflarna nödgats medgifva den underbara företeelsens verklighet, måste de nu också låta öfvertyga sig om den nya kraftens tillvaro. Man ville nödvändigt ha upptäckt någonting nytt, någonting hittills icke anadt. Och likväl var saken så enkel: ingenting annat än en samverkan af talrika, hastigt på hvarandra följande små yttringar af muskelkraften. Genom deltagarnas på en punkt riktade uppmärksamhet och deras armars och händers tvungna ställning förlora de nämligen småningom den säkra kontrollen öfver sina musklers verksamhet och sina nervers känsel. De förra slappas och spännas vexelvis, och härigenom uppstår en darrning, som yttrar sig i idel små stötar mot bordskifvan; de senare domna och förlora känseln för fina olikheter i tryckningen. Den experimenterande tror sig ha lagt handen helt sakta på bordet, medan hon i sjelfva verket ligger ganska tungt derpå, och de små af darrningen uppkomna stötarna förstärkas ytterligare genom tryckningen nedåt. Häraf uppkommer för hvar och en af de deltagande ungefär samma verkan, som när barn genom fortsatta ryckningar småningom förmå sätta en stor gunga i allt starkare svängning; alla de små krafterna förena sig till en enda resultant, hvilken, då hon nästan alltid verkar utom bordets tyngdpunkt, frambringar en kringgående rörelse. Likartade fenomen visa sig vid bruket af slagrutan, hvars spel rätt ofta gäckat till och med den fördomsfrie.

Den egendomliga orsaken till en dylik kraftyttring ligger ej så öppet i dagen, och då dessa sällsamma försök i synnerhet lyckas för sådana personer, som ha ett lätt upprördt temperament och under fantasins inflytande åtminstone till en viss grad förlora det lugna väldet öfver sitt förstånd, medan den lugna, sansade menniskan, som i hvarje ögonblick är herre öfver sin vilja och sina organ, förgäfves söker framkalla dylika fenomen, har ibland de förra utbildat sig en alldeles särskild lära om sensibiliteten, hvilken för den senare ingenting annat är än hysterins, svaghetens och dumhetens evangelium; psykografi, andeklappning, borddans och allt hvad dertill hör heta de uppbyggliga öfverskrifterna till dess särskilda kapitel.



Metersystemet.

Allt i naturen beror på mått och tal. — Forntidens mått. — Egyptiska, judiska, grekiska och romerska mått. — Värdet af noggranna mätningssätt. — Den vidgade samfärdseln fordrar ett internationelt mått. — Måttenhet och måttsystem. — Godtyckliga och naturliga mått. — Metersystemets historia. — Gradmätningarna. — De dervid vunna resultatens användning vid val af enhet. — Indelning och beteckning. — Inkast mot metersystemets allmänna antagande. — Vederläggning af inkasten. — Jemförelse med andra mått. — Kraftmått.

I naturens hushållning råder en ordning, som egentligen ej kan kallas blott ordning, då hon ej kan välja och följaktligen ej heller misstaga sig, utan öfver allt bestämmes af en orubblig lagbundenhet, från hvilken intet undantag gifves.

Det minsta stoftkorn mottager och afgifver kraft och ämne i oafbruten omvexling. Från alla sidor inverka krafter derpå, från alla sidor får det härigenom ständigt nya tillflöden; men på samma sätt verkar det äfven sjelft åt alla håll, antingen det afger värme, ljus eller elektricitet eller genom sin egen rörelse inverkar på andra stoftkorns rörelser eller genom kemisk sön-

derdelning lider förluster af sin egen massa. Så obetydligt ett stoftkorn än må förefalla, underhåller det likväl en omsättning, i jemförelse hvarmed den största banks vexelrörelse är en barnlek.

Och ändå går räkningen ihop, vi kunna väl ej säga på öret och halföret, men på atomen och ljusvågen: lagen om kraftens oförgänglighet har lärt oss det.

Innan man vunnit en fullständigare insigt i naturens hushållning, visste man väl, att allt, som tilldrager sig i naturen, är ordnadt till tal, mått och vigt; men denna kunskap är likväl ej så gammal, som man vanligen tror, ty han går ej mycket längre tillbaka än innevarande århundrade. Men huru fruktbar han under denna korta tid redan visat sig, ådagalägges af den hastiga utveckling, naturvetenskaperna och alla af dessa vetenskaper beroende tekniska och industriela yrken vunnit: »siffror tala».

Först sedan alla våra undersökningar grundas på mått, kunna vi tillerkänna dem giltighet. Med bruket af mått försvinner uppskattningen efter tycke, förmodan och gissning. Måttet är en obevekligt noggrann, men trogen vän, ty det ensamt leder, när det riktigt rådfrågas, till en säker uppskattning, hvarpå likväl allt beror.

Vi mäta mängden af de olika ämnen, som vi vilja bringa i kemisk förening med hvarandra, och det är en stor fördel att noga känna, i hvilka måttförhållanden de alltid förenas, emedan vi härigenom undvika äfven den minsta förlust af material. Vi mäta ljusets hastighet, äfvensom den hastighet, hvarmed elektriciteten fortplantar sig, ja, till och med storleken af etervågorna, hvilka frambringa ljuset och hvaribland den största ej uppgår till en tretusendedel af en linie. Vi mäta det antal svängningar, som frambringa olika toner; vi mäta styrkan hos jordmagnetismen, hvilken som en oafbruten nervrörelse svänger fram och tillbaka i utomordentligt små vågrörelser, som väl ej utöfva något inflytande på kompassen, men dock ej äro oåtkomliga för vetenskapen, som uppfunnit mätningssätt, med hvilkas tillhjelp dessa oändligt fina förändringar kunnat klart framställas och bestämmas till sin storlek.

Hvar helst i naturen en kraft röjer sig, gifva sig vetenskapsmännen ingen rast, förr än de upptäckt något sätt att mäta henne.

»Det der kan vara rätt märkvärdigt för vetenskapen sjelf», säger man, »men för det praktiska lifvet ha dylika fina undersökningar föga värde.» Ett stort misstag! Och för att med ens möta alla inkast, ha vi i främsta rummet som exempel anfört kemins förfaranden, hvilka omedelbart nog ingripa i det praktiska lifvet.

Men äfven de finaste fysiska experiment, hvilka blott afse upptäckandet af storleksförhållanden, visa sig ofta omedelbart hafva de mest välsignelserika materiela följder. Det är af väsentlig vigt att känna storleken af en ljusstråles brytbarhet, det vill säga af hans våglängd, ty detta är det enda ofelbara medlet att noga lära känna egenskaperna hos olika glassorter, på hvilkas riktiga användning hela tillverkningen af optiska instrument beror. Hvarje glasstycke, hvaraf man vill förfärdiga en lins för en tub, ett prisma, ett spektroskop eller någon annan del af ett godt instrument, måste

först genom nyss nämda medel pröfvas till sin användbarhet och derefter erhålla den tjenligaste formen.

Huru vida en lösning innehåller socker eller vissa andra ämnen, och huru mycket, visar en blick på den vinkelafvikelse, som en ljusstråle af en viss brytbarhet gör, när han går igenom ett lager af den i fråga varande vätskan. Man skulle på annat sätt få arbeta timtals för att lösa en fråga, som nu nästan ögonblickligt besvaras. Så t. ex. har tillverkningen af hvitbetssocker i den skyndsamhet, hvarmed den önskade upplysningen fås, erhållit ganska väsentlig lättnad. Vi behöfva här ej erinra om spektralanalysen, hvilken ej blott förmår genast uppvisa ett stort antal ämnen i en sammansättning, utan äfven ledt till upptäckten af flera på vår jord förut obekanta ämnen, och det endast genom den noggrannaste undersökning af de från brinnande kroppar utgående ljusstrålar med hänsyn till deras brytbarhet eller våglängd. Vi kunna bespara oss mödan att uppsöka några ytterligare exempel från fysikens eller kemins områden; de följande kapitlen i detta band skola lemna sådana i öfverflöd. Mått och mätning utgöra således naturforskningens grundval, och mätningsmetoderna blifva äfven med hvar dag allt mera förfinade och fullkomnade.

Men frågan om mått och mätningsmetoder är ej blott af högt värde för de exakta vetenskaperna; hon är det lika mycket för det praktiska lifvet. Och denna sanning, som redan visar sig vid den enklaste beröring emellan folken, vid de första försöken till en byteshandel, har tidigt inverkat på utbildningen af tal- och måttsystemen. I de äldsta tiderna nöjde man sig naturligtvis med en grad af noggranhet, som nu mera ej tillfredsställer oss ens i de alldagligaste affärsförhållanden. All egendom, och i synnerhet tiden, har fått ett högre värde, som ej tillåter oss att bortslösa ens ett grand deraf.

Forntidens mått. Betrakta vi måtten ur historisk synpunkt, finna vi ej hos de gamla folken någon af de beundransvärda mätningsmetoder, som nu begagnas vid lösning af fysikaliska frågor, och om de funnits, ha de gått förlorade. Våra uppfinningar i den vägen äro af temligen nytt datum.

De gamla kände visserligen mått för linier, ytor och kroppar, de kände kropparnas absoluta och specifika vigt och begagnade sig deraf, de hade metoder för att bestämma tiden och mäta vinklar och således kunskap om alla de områden, der mått användas; men sjelfva användningen saknade den noggranhet, som nu står oss till buds. Den omständigheten, att man vid läsningen af gamla författare finner alla mått nästan endast uppgifna i runda tal, låter förmoda, att äfven vid bestämningen af sjelfva måtten ingen synnerlig noggranhet iakttogs. Och om det är förenadt med stora svårigheter att af de ofta stridiga uppgifterna få en riktig föreställning om de gamla måttens storlek, ligger orsaken deruti, att mer eller mindre olika måttstorheter betecknades med samma namn.

Det är hos Egyptens gamla kulturfolk, vi först finna mått och mätningsmetoder vidsträcktare använda. Detta kan så mycket mindre förvåna, som den rika kunskapsskatt, hvaröfver den egyptiska bildningen förfogade, hufvudsakligen bestod af naturvetenskapligt vetande, liksom uppförandet af egypternas

storartade bygnadsverk förutsätter ett sorgfälligare begagnande af mått. Deremot går man säkerligen för långt, om man vill påstå, att egypterna härledt sina mått från jordens naturliga storlek och att de följaktligen för fyra och ett halft årtusenden sedan umgåtts med en tanke, som i vår tid haft ett så stort inflytande på måttens ombildning: tanken att grunda ett så kalladt naturligt måttsystem.

Åsigten, att egypternas normalmått var härledt från jordens omkrets, stöder man på det förhållandet, att sidan till den stora memfispyramidens bas skall noggrant ha varit $^1/_{500}$, nilmätarens aln (äfven kallad den heliga alnen) $\frac{1}{200000}$ af en grad. Dessa och en mängd andra sifferuppgifter, som man framletat ur de gamla författarnas skrifter, anföras som bevis på, att redan egypterna utfört en gradmätning, hvarigenom de skaffat sig en noggrann kännedom om vår jords storleksförhållanden, och derpå grundat sitt måttsystem. Men antagandet af en sådan gradmätning, hvilken, om ej förr, skall ha blifvit utförd af Eratostenes emellan Syene och Alexandria, är lika osäkert som de föreställningar, vi i allmänhet göra oss om egypternas astronomiska och matematiska vetande. Sannolikt uppskatta vi det allt för högt, och fornforskarnas begär efter öfverraskande upptäckter finner gerna djupare sammanhang, der endast slumpen drifvit sitt spel.

De egyptiska längdmåtten voro härledda från menniskokroppens proportioner. En menniskas längd, *orgyien* (6,231 fot), delades i fyra delar eller alnar. Sjettedelen af en orgyie utgjorde en fot. De mindre måtten voro härledda från en spann, *spitame*, en handbredd, *palme*, och en fingerbredd, *daktylos*. Längden af ett vassrör, *kalamos*, gaf stången, 10 egyptiska fot; 60 stänger voro ett stadium o. s. v.

Till bestämmande af ytors storlek, något som i ett land, der alla råmärken utplånades genom de årliga öfversvämningarna och ofta återkommande gränsbestämningar sålunda blefvo nödvändiga, måste vara en ganska vigtig offentlig angelägenhet, antog man helt naturligt qvadraten på längdmåttet. Det vanligaste ytmåttet var *arura*, en qvadrat om 190 fots sida. Cirkelns indelning i 360 grader var redan bekant hos de gamla egypterna.

Med hebreernas mått äro vi mera förtrogna än med egypternas, en omständighet, som förklaras deraf, att i de bibliska berättelserna, i synnerhet beskrifningen om templet, finnas ganska noggranna måttuppgifter. De judiska måtten tyckas allesammans vara af egyptiskt ursprung, ehuru man äfven skulle kunna antaga, att samma naturliga storheter, som lemnade egypterna enheterna för mått, såsom liggande helt nära till hands, äfven hos judarna tjenade till utgångspunkter. En *dagsresa* utgjordes af 200 egyptiska stadier, omkring 125 000 fot; milen (3 732 fot) innehöll 1 000 steg. Det fans två slags fotmått: den stora lagligen erkända foten, *seraim* (1,2374 fot), och den lilla, *seret* (0,9333 fot) o. s. v.

Särdeles utbildadt var måttsystemet hos araberna, hvilka drefvo en vidsträckt handel ej blott med Egypten, utan äfven längs Medelhafvets kuster och i Asien. Tjockleken af ett kamelhår antogs som det minsta måttet: det

var enligt vårt mått till och med mindre än en sjettedels linie, och redan denna omständighet visar, att arabernas mätningar måste ha uppnått en hög grad af noggranhet. Bredden af sex bredvid hvarandra lagda bjuggkorn utgjorde ett annat mått. De hade daktylos, palme, fot och flera slags alnar, bland hvilka i synnerhet Al-Mamuns så kallade svarta aln är märkvärdig, emedan hon låg till grund för den gradmätning, som under nyss nämde kalifs regering utfördes. Den svarta alnen var 27 gånger så stor som det ofvan nämda bjuggkornsmåttet, eller 1,75 fot. Dessutom hade araberna en egyptisk eller handelsaln, den persiska kungliga eller stora heronsalnen, steg, stång, orgyie och som större mått parasangen, hvaraf 20 utgjorde en egyptisk grad.

Liksom grekerna från Egypten hemtat alla elementen till sitt matematiska och naturvetenskapliga vetande samt de dermed sammanhängande tekniska kunskapsgrenarna, lika så hade de äfven derifrån erhållit sina mått och i sin ordning meddelat dem åt romarna. Visserligen hade dessa mått under öfverflyttningen och vid sin användning under de derpå följande tiderna, hvilken ej fordrade någon matematisk öfverensstämmelse med urmåtten, undergått förändring, men denna var mera tillfällig och en följd af vårdslöst begagnande. Af de egentliga grekiska måtten kan anföras dolikos, den väglängd, som de kappkörande hade att tillryggalägga vid de offentliga täflingsspelen. Enligt några skriftställare utgjorde det 12, enligt andra 20, ja, till och med 24 stadier. En half dolikos, afståndet från den ena ändan af rännarbanan till den andra, kallades diaulos. Dromos var den väg, som ett skepp med segel eller åror kunde tillryggalägga på 24 timmar — allesammans mått, hvilka ega ett visst estetiskt intresse, men för sin osäkerhets skull tyckas föga lämpliga till noggranna mätningar. Det fans dessutom en mängd stadier, hvilkas storlek, om någon sådan öfver hufvud var säkert bestämd, nu mera ej kan med visshet utrönas, emedan de många uppgifterna derom allt för mycket motsäga hvarandra. De mindre måtten voro lånade från Egypten.

Vigtförhållandena angåfvo grekerna i talenter, af hvilka den minsta, den syriska eller ptolemeiska, motsvarade ungefär 16 skålpund, men den största, den eginetiska, synes ha vägt omkring 106 skålpund. Emellan dessa båda funnos många andra. Talenten indelades i 60 miner, en mina i 100 drakmer. En sjettedels drakma var vigten af en obol, det lilla mynt, som måste erläggas i färgpenningar åt Karon vid färden öfver Styx.

Såsom redan blifvit nämdt, kommo de grekiska måtten sedermera i allmänt bruk hos romarna. Förut hade likväl dessa äfven egna mått, åt hvilkas bevarande de synas ha egnat större omsorg än de lefnadsglada hellenerna.

Grundmåtten förvarades, och trogna afbildningar deraf inhöggos i byggnader. På Capitolium funnos fyra sådana märken af fotmåttet, och derutaf vet man, att längden på en romersk fot var i medeltal 0,9966 fot. Andra likare, som man här och der påträffat, skilja sig sällan derifrån på 0,0033 fot, men i väl bibehållet tillstånd visa de sig stundom öfverensstämma till och med på 0,0003 fot.

Det minsta romerska längdmåttet var digitus (0,0623 fot); derefter följde unica (0,0828 fot), palma (0,2489 fot), pes (0,9966 fot), palmipes (1,2445 fot), cubitus (1,4934 fot), passus (4,978 fot), pertica (9,9567 fot). Den romerska milen utgjorde 500 perticæ och dagsresan, iter pedestre, 13 mil. Ploglandet, jugerum, var den yta, som med ett par oxar kunde plöjas på en dag. Spanmålsmått och våtvarumått voro noga bestämda; för det förra låg modius till grund och för det senare amphora, som noga innehöll en romersk kubikfot.

Det romerska vigtsystemets namn ha på apoteken bibehållit sig ända till vår tid. Skålpundet, libra, indelades i 12 uns, detta i skrupel och vidare i gran ($^1/_{24}$ uns).

Om måtten hos de gamla kulturfolken: egypter, inder, greker och romare, ega ett stort intresse, är detta någonting helt naturligt, ty vår moderna bildning har utvecklat sig ur det arf, vi från dem erhållit, och forntidens åskådningssätt ha ännu ej förlorat sitt inflytande på oss. Ett långt mindre intresse skulle deremot de mått och mätningsmetoder erbjuda oss, som användas eller en gång användes af kineserna, aztekerna eller åtskilliga helt och hållet outvecklade folkslag, metoder, som ej stå i något slags förhållande till vår kultur och på sin höjd skulle kunna ge oss en ny bekräftelse på hvad som redan framgår af de sakförhållanden, vi nyss anfört, nämligen att behofvet af vissa måttenheter först och naturligast tillgriper sådana storheter, hvilka naturen ständigt frambringar i samma dimensioner och som i alla tider legat nära till hands. Sådana storheter äro i synnerhet handen, foten, armen och steget; vi finna dem också öfver allt i bruk som de första måttenheterna för längdbestämmelser.

Folken behöfde ej låna fotmåttet af hvarandra; det är naturligt, att de af sig sjelfva skulle komma på tanken att använda detta mått. De gamla tyskarna måste ha mätt på samma sätt, som egypterna gjorde och som stammarna i det inre Afrika än i dag göra, och allt efter beskaffenheten af de föremål, som skola mätas, ha äfven öfver allt de särskilda formerna för måtten, såsom längdmått, ytmått, rymdmått, mått för fasta och flytande ämnen, äfvensom vigten sjelfständigt utvecklat sig.

Ett i synnerhet för vetenskapen ganska vigtigt mätningssätt, vinkelmätningen, af hvars resultat astronomin ända till den nyaste tiden uteslutande lefvat, kunna vi lemna å sido, emedan dess enkla system, som redan var bekant för de gamla egypterna, ej under tidernas lopp lidit någon anmärkningsvärd förändring; äfvenså förbigå vi här tidmätningen, emedan hon kan mera ändamålsenligt behandlas i sammanhang med urens historia.

Måttsystem. Emedan mätningskonsten endast syselsätter sig med storleken af sådana ting, hvilka öfver hela jorden ej kunna uppfattas på mer än ett sätt, ty 5 är hos polarinvånaren hvarken mer eller mindre än hos invånaren under tropikerna, borde äfven öfver hela jorden gälla blott ett enda mått, som utan reduktion kunde genast begripas af alla.

Att så ej förhåller sig, är en stor ekonomisk olägenhet, ty oafsedt de bedrägerier, hvartill de skiljaktiga måtten gifva anledning, försvåras deraf samfärdseln och vållas ett slöseri med tid, som är rent af oförnuftigt och minskar det allmänna välståndet med ett oerhördt belopp. Men det är nu en gång så, och orsaken är ej svår att finna. Det gäller nu blott att så mycket som möjligt afhjelpa detta bedröfliga tillstånd, och härtill kan och bör en hvar bidraga, som klart uppfattar de grundbegrepp, som här äro i fråga.

Vid hvarje mått komma två saker i betraktande: först och främst valet af en enhet, som kan läggas till grund för det hela, och sedan denna enhets indelning för att göra henne användbar till mätning, således det egentliga måttsystemet.

Som vi sett, ansåg man fordom, till och med i civiliserade länder, valet af enhet för någonting helt och hållet oväsentligt, något som kunde godtyckligt bestämmas, och gjorde än den för tillfället regerande furstens fot, än någon annan traditionel eller nyskapad storhet äran att efter henne och genom henne uttrycka normalmåttet. Men vid alla sådana godtyckliga antaganden kunde en småningom uppkommande förfalskning af måttet omöjligt undvikas; ty då en materiel storhet ständigt måste tagas till enhet, antingen en stång af en viss längd eller ett metallstycke af en viss vigt, hvartill alla storheter, som skola mätas, måste hänföras, fans ingen utväg att med fullkomlig säkerhet bestämma det ursprungliga måttets värde, om det en gång gått förloradt.

Riktigheten af alla genom mekanisk jemförelse erhållna mått berodde helt och hållet på den menskliga skickligheten samt noggranheten och säkerheten af de vid justeringen använda instrument och metoder. Men en riktig föreställning om den absoluta betydelsen af detta mått kunde alldeles icke fås af de sekundära måtten, ty till och med vid den mest noggranna jemförelse kan man omöjligt undvika små observationsfel. Detta betyder ej mycket, så länge normalmåttet finnes i behåll, ty genom instrumentens fortgående förbättring kan man allt noggrannare rätta de begångna felen; men har det en gång gått förloradt, kan man aldrig erhålla kunskap om, huru stora misstagen varit.

Den ursprungliga tyska vigten, det tunga metallstycke, som förestälde en kölnisk mark, har förkommit. Ännu finnas på rådhuset i Köln flera konstfullt utförda, rikt förgylda s. k. heliga vigter, hvilka gälla som grundvigter för den tyska myntfoten. Emellertid kan ingen afgöra, hvilken af dem är den riktiga, huru vida ens någon öfverensstämmer med den verkliga marken, eller om de alla genom sin tyngd skilja sig från normalvigten, liksom de alla sins emellan äro skiljaktiga. Ingen menniska förmår besvara dessa frågor och derigenom lemna oss upplysning om den verkliga storleken af detta för hela den tyska samfärdseln så högst väsentliga mått. När detta kunnat hända i Tyskland, i den gamla riksstaden, hvem kan då begära, att man ännu skulle kunna noga uppgifva, huru stor den spartanska foten eller den arabiska milen varit.

Alla gamla måttuppgifter ega också derför för oss blott ett ringa och helt och hållet relativt värde, för så vidt de kunna jemföras sins emellan; om deras verkliga storlek sakna vi all kunskap.

Man har vidare gjort de olika slagen af mått: längdmått, ytmått, rymdmått, vigter o. s. v., helt och hållet oberoende af hvarandra och för hvart och ett valt en särskild enhet, som ej stod i något samband med de öfriga. Huru mycket en kölnisk scheffel af något visst ämne vägde, var alldeles likgiltigt. I allmänhet voro förhållandena hvarken enkla eller bestämda. Följden är tydlig: antalet enheter och måttsystem ökas derigenom onödigtvis.

Nödgas vi på dessa grunder ogilla det godtyckliga valet af måttenhet, är också dermed domen fäld öfver de gamla måttsystemen. Ja, hvad man kallade måttsystem förtjenar knapt detta namn. Benämningarna stodo hvarken i något inbördes sammanhang, ej heller fans något säkert samband emellan någon ibland dem och det dermed betecknade värdet. Måtten voro afsedda för helt och hållet särskilda ändamål. Man hade olika vigter för medikament och droger, för viktualiehandel, för grosshandel, för guld och juveler, liksom deras gruppering i öfver- och underafdelningar var ändamålslös och utan all princip.

Det är nästan förödmjukande att nödgas erkänna, att kineser och japaneser, öfver hvilkas hårpiskor vi länge nog gjort oss lustiga, i fråga om mått stå alldeles afgjordt framför våra förfäder. Ej nog med att deras måttsystem grundar sig på en sträng decimalindelning, medan hos oss afdelningarna nedåt utgjordes af fjerdedelar, åttondedelar och tolftedelar, och uppåt af godtyckligt valda grupper; man märker derjemte, att hos kineserna finnes ett inbördes sammanhang icke blott emellan de särskilda slags måtten: längdmått, ytmått och rymdmått, vigter o. s. v., utan äfven emellan vigt- och myntstorheterna.

Vi få dock ej allt för strängt bedöma dessa underlåtenhetssynder hos våra förfäder. Det nära och innerliga sammanhanget mellan naturkrafterna, som den senaste tidens forskningar lagt i dagen, var ännu för dem förborgadt. Den enskildes verksamhet, så väl som statens företag, rörde sig endast på de små närmaste områdena och saknade allmän omfattning. Samfärdseln var obetydlig och de ofvan antydda olägenheterna således af mindre vigt.

Men så snart handeln började blifva internationel, ej längre inskränkte sig till omsättning på gränserna och enskilda marknadsplatser, måste äfven önskningarna om en reform och likformighet i mått-, vigt- och myntförhållandena göra sig hörda. De ledde till upprepade och långvariga öfverläggningar, som alltid slutade dermed, att hvar och en af de deri deltagande staterna ansåg sitt mått som det förträffligaste och väl önskade allmän öfverenskommelse, men blott med vilkor, att den i fråga varande staten finge behålla sitt vanliga måttsystem så orubbadt som möjligt. Häraf dessa ändlösa konferenser, dessa ständigt återupprepade förslag, prutningar och undflykter, hvilka, om de någon gång ledde till en förändring, gjorde det på samma sätt, som användes af den medlidsamme bonden, som bit för bit afskar svansen på sin hund för att ej pläga honom allt för mycket på en gång.

Under utställningen i Paris 1867 blef inom en särskild derför nedsatt kommission af representanter för alla nationer frågan om ett gemensamt mått-

och myntsystem å nyo upptagen och grundligt behandlad. I utställningsbygnadens midt, der vägarna från alla utställningsområden möttes, höjde sig en paviljong, der de olika ländernas mått och mynt voro samlade, de förra i noggranna likare. Här skulle i synbar måtto uttalas, att verlden i den enda punkt, som ej tillåter någon meningsskiljaktighet: i begreppen om mått och mynt, dessa hela samfärdselns grundvalar, borde vara af ett hjerta och en själ. Ett enda mått, ett enda mynt skulle varit det bästa uttryck för solidariteten mellan folken. Ty värr var utställningen i den runda tempellika bygnaden ej så enkel och likväl, med hela sin mångfald, ändå ej fullständig. Tyskland ensamt skulle kunnat fylla hela paviljongen, om det utstält måttstockar af de hundratals olika alnar och fot, som ännu begagnas inom åtskilliga orter eller åtminstone ej äro afskaffade och ersatta med ett likformigt mått.

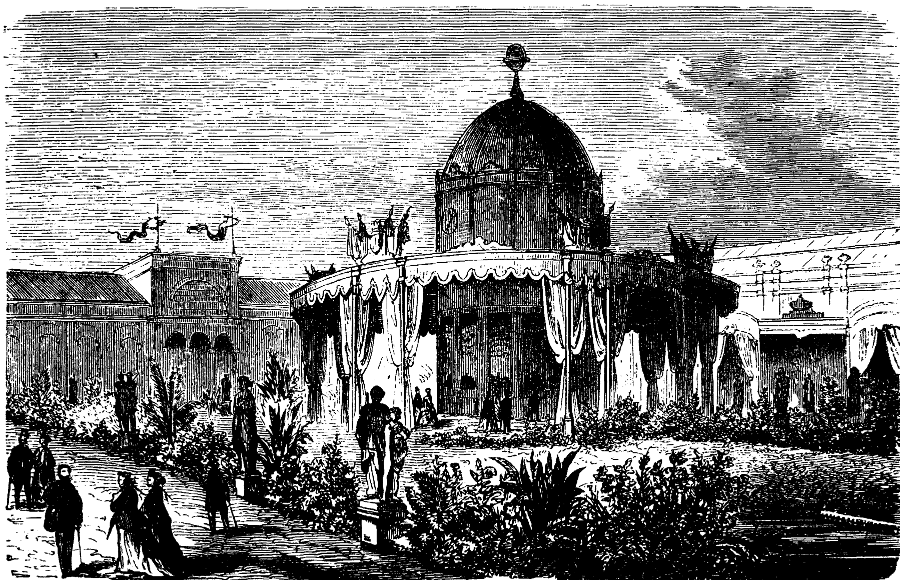


Fig. 9. Mått- och myntpaviljongen i utställningspalatset i Paris 1867.

Sins emellan lika mått visade Frankrike, Italien, Spanien, Portugal, Belgien, Holland, Mejico, Chile, Peru, Nya Granada, Bolivia, Venezuela, äfvensom det franska och holländska Guyana, der det franska metersystemet är infördt, om än de äldre måtten derjemte bibehållit sig någon tid.

De öfriga staterna, deribland England, Tyskland och Ryssland, ha hvar sina egna mått. Emellertid erkändes vid kommissionens rådplägningar behofvet af en allmän öfverenskommelse, metersystemet förklarades vara det lämpligaste till allmänt antagande, och dess införande tillstyrktes. Tyskland har, som bekant, nyligen antagit metersystemet. Men så länge England håller sig på afstånd, står dock ett väsentligt hinder i vägen för den allmänna önskningens uppfyllande. Emellertid böra andra länder ej låta

afhålla sig från att redan nu tillegna sig hvad som är det enda, som har utsigt att blifva allmänt antaget.

För att bevisa detta skola vi undersöka, hvilka synpunkter här äro bestämmande. För ett internationelt måttsystem låta följande vilkor fastställa sig:

Framför allt bör måttenheten vara oföränderlig; hon måste vara en sådan, som genom bekanta, möjligast enkla operationer låter när som helst härleda sig från vissa i naturen förekommande oföränderliga storheter, och slutligen en sådan, för hvilken, så vidt möjligt, alla jordens invånare hafva lika stort intresse. Det förstås af sig sjelft, att så väl enheten som de från henne härledda måtten måste kunna handteras så beqvämt som möjligt.

Det på enheten grundade systemet måste i sina öfver- och underafdelningar uteslutande följa decimalindelningen, inom de särskilda områdena: längd-, yt- och rymdmått o. s. v. förete ett naturligt, enkelt och lätt öfverskådligt sammanhang, och beteckningen öfver allt vara följdriktig, så att förhållandet emellan de olika måtten uttryckes genom deras namn; det bör äfven så mycket som möjligt lika intressera alla länder.

Men derpå, att måttenheten är en s. k. naturlig, det vill säga en sådan, hvilken när som helst kan med lätthet härledas från vissa i naturen befintliga oföränderliga storlekar, ligger ej den utomordentliga vigt, som man på flera håll velat fästa dervid. Ty då det ej kan vara meningen, att en sådan naturlig storlek sjelf skall tagas till måttenhet, utan blott en derifrån härledd storlek, hvilken genom sin lätthandterlighet motsvarar praktiska fordringar, så att följaktligen blott förhållandet emellan måttenhetens storlek och en naturlig oföränderlig dimension är noga kändt, kan man äfven göra hvarje godtyckligt vald enhet till en naturlig derigenom, att man med största noggranhet bestämmer detta förhållande. På detta sätt har t. ex. den engelska yarden blifvit bestämd, och det derpå grundade systemet kan gälla som ett naturligt; ty man har noga mätt sekundpendelns längd i London, och ett parlamentsbeslut af den 17 juni 1824 bestämmer, att längden af en yard skall förhålla sig till sekundpendelns längd som 36 till 39,13929 under Londons polhöjd i lufttomt rum vid hafsytan och 62^0 F. Enligt samma beslut skall en kubiktum distilleradt vatten af 62^0 F. vid 30 engelska tums barometerhöjd väga 252,458 gran af ett skålpund, som innehåller 5760 sådana gran.

Men valet af en naturlig och neutral enhet har ganska mycket för sig, emedan måttet, såsom någonting internationelt, ej bör hafva en utgångspunkt, för hvars utväljande en ort har mera intresse än en annan, och som skulle kunna väcka den menskliga afundsjukan samt sålunda bli ett hinder för måttets allmänna antagande.

Enheten kan derför väl vara en naturlig, men hon måste då äfven under alla omständigheter vara en sådan, som för alla jordens invånare eger ett gemensamt intresse.

Dertill egna sig jordens egna storleksförhållanden, och då det ej torde kunna antagas, att redan de gamla egypterna derpå grundat sitt måttsystem, böra vi ej undandraga astronomen Gabriel Mouton i Lyon förtjensten att

allra först ha framstält den storartade iden. Uti sitt år 1670 i Lyon utgifna verk »Observationes diametrorum» föreslår han att under namn af milliare eller mil antaga längden af en meridianbåge om en minut till normalenhet, hvilken vidare skulle enligt decimalsystemet delas i centuria, decuria, virga, virgula, decima, centesima och millesima.

Någonting motsvarande se vi redan tillämpas i England; sjömilen är här fastställd till sextiondedelen af en eqvatorialgrad och enligt den norwoodska mätningen bestämd till 1760 yards (5420 fot); men det öfriga måttsystemet grundar sig ej derpå, och det skulle följaktligen ej kunnat göra anspråk på att antagas som internationelt, om man också ej vill låta det inkast gälla, som Kant framstälde mot en på vinkelstorheter grundad enhet, det nämligen, att man då kunde tillägga hvarje ärt lika väl som jordklotet en omkrets af 21 600 sjömil eller 5 400 geografiska mil.

Den af engelsmännen ständigt omfattade och tid efter annan åter framkastade iden att antaga någon särskildt märkvärdig pendellängd till grundmått kan ej heller godkännas. Redan Huyghens föreslog sekundpendeln; men då denna, såsom Richer först anmärkte, ej blott under olika breddgrader, utan till och med under samma breddgrad allt efter upphängningspunktens höjd öfver hafsytan har olika längd, ja, till och med närheten af större bergmassor utöfvar inflytande på svängningstiden, är han ej brukbar för ändamålet, oafsedt att alltid en enda punkt af jorden måste väljas, för hvilken blott en ringa del af hennes invånare skulle kunna ha något närmare intresse, och slutligen att den en gång valda längden endast på detta ställe kan justeras. Af samma skäl kan fallhöjden för en viss tid eller barometerhöjden för någon viss ort (hvilka båda storheter varit föreslagna) lika litet anses tjenlig till grundval för ett måttsystem.

Förtjensten att från jordens dimensioner ha härledt ett förnuftsenligt måttsystem, som fullständigt egnar sig att blifva internationelt, tillhör åter igen fransmännen, och i synnerhet har Laplace en betydande andel i utförandet af denna ide.

År 1789 yrkade städerna Paris, Lyon, Reims, Dunkerque, Rouen, Rennes, Orleans, S:t Quentin, Metz, Châlons m. fl. på de olika måttens afskaffande, hvilka blott gåfve anledning till missbruk och bedrägerier. I följd häraf bragte Talleyrand denna angelägenhet inför den konstituerande församlingen; den 6 maj inlemnade Bonnai sin berättelse deröfver, och två dagar derefter beslöts en hemställan till konungen, att han måtte med konungen af England träffa öfverenskommelse om nedsättande af en internationel kommission, bestående af ledamöter ur franska akademin och kungliga samfundet i London för utarbetande af grunderna till ett internationelt måttsystem. Man tänkte först till utgångspunkt taga sekundpendelns längd under 45:e breddgraden och till dess bestämmande låta gemensamt utföra en strängt vetenskaplig undersökning.

Fransmännen önskade således ej ett särskildt franskt nationalmått, utan, och detta måste vi särskildt betona, de föreslogo från första början ett mått

för alla folk och ville med hänsyn till den menskliga svagheten afstå så mycket af sin rätt som förslagets upphofsmän, att de erbjödo England i förening med sig verkställa företaget.

Franska revolutionens utbrott förändrade mycket i den ursprungliga planen, som blifvit fastställd den 23 augusti. Till kommissarier utnämde akademin Laplace, Lagrange, Borda, Monge och Condorcet. I sitt den 19 mars 1791 inlemnade betänkande förkastade dessa den å nyo föreslagna sekundpendeln, emedan han vore en storhet, som berodde af en annan nödvändig storhet, tiden, och en godtycklig, indelningen i sekunder, samt uttalade sig för antagandet af meridianen. Man skulle mäta en tillräckligt lång båge (från Dunkerque till Barcelona), häraf bestämma qvadrantens längd och taga en tiomilliondel deraf till enhet. Men då måste decimaldelningen tillämpas så väl för qvadranten som för normalmåttet och de derifrån härledda och alla godtyckliga indelningar förkastas.

Från den sålunda erhållna normallängden erhölles sedermera lätt en grund för kubik- och vigtmått, om man dertill antoge en viss volym distilleradt vatten af en bestämd temperatur, antingen vid fryspunkten eller då det har sin största täthet, och vägd i lufttomt rum.

Den föreslagna gradmätningen erbjöde den fördelen, att båda ändpunkterna vore oföränderliga och belägna i jemnhöjd med hafsytan. Man skulle tillika under 45 graders nordlig bredd räkna de svängningar, som en pendel af den föreslagna enhetens längd gjorde i lufttomt rum vid hafsytan och 0^0 C., för att lätt och genom mindre tidsödande iakttagelser kunna återfinna denna längd. För öfrigt valdes den 45:e breddgraden icke med hänsyn till Frankrike, utan blott derför, att pendelns medellängd här sammanfaller med qvadrantens midt.

Detta betänkande blef den 26 mars 1791 framlagdt för nationalförsamlingen; fyra dagar derefter antogs det, och hos konungen anhölls, att han måtte bemyndiga den redan förut af akademin utnämda kommissionen att genast begynna sina arbeten.

I följd af akademins upplösning blefvo dessa arbeten afbrutna; emellertid utnämdes genom två församlingsbeslut, af den 18 brumaire och den 28 germinal, Berthollet, Borda, Brisson, Coulomb, Delambre, Hauy, Lagrange, Laplace, Méchain, Monge, Prony och Vandermonde att afsluta de påbörjade arbetena.

Gradmätningarna. Vi ha här först att kasta en hastig blick på gradmätningarnas historia, af hvilka en redan förut blifvit af vigt för den vetenskapliga verldens måttväsen.

De första försöken till bestämmande af jordens storlek finna vi redan utförda af de gamla egypterna. Genom Pytagoras och Aristoteles var jordens klotform bevisad; Eratostenes från Kyrene sökte bestämma hennes storlek, och om man också ej kan tillerkänna denne vetenskapsman förtjensten att ha utfört en verklig gradmätning, d. v. s. mätt längden af en astro-

nomiskt noga bestämd meridiandel, återstår honom dock den äran att ha funnit och först tillämpat den riktiga metoden för jordens uppmätning.

Den första egentliga mätningen af jordklotet egde rum i öknen Singar vid Röda hafvet i nionde århundradet och på kalifen Al-Mamuns befallning. De geometrer, som utförde den, voro skilda i två afdelningar, på det den enas arbete skulle kunna kontrolleras af den andras. De på detta sätt erhållna värdena för storleken af en grad ($^1/_{360}$ af omkretsen) afveko något från hvarandra. Den ena expeditionen fick nämligen 56 arabiska mil, den andra 56 $^2/_3$. Ty värr äro vi ej i stånd att afgöra, huru nära eller huru långt ifrån det verkliga värdet dessa uppgifter voro, emedan vi sakna kunskap om den arabiska milens längd. Ända från denna tid och hela medeltiden igenom höra vi ingenting om dylika undersökningar. Intresset för de geografiska vetenskaperna var högst obetydligt, och den allmänna vigten af sådana frågors lösning hade man ännu ej lärt sig inse. Först 1525, efter den stora verldsomseglingen, vann denna angelägenhet åter allmänt intresse.

Den närmast följande gradmätningen företogs af den bekante Fernel, lifmedikus hos konung Henrik II. Som resultat erhölls för längden af en meridiangrad ett värde af 57 070 toises (374 379,2 sv. fot), en längd, som i det närmaste öfverensstämmer med den nyare tidens mätningar, vid hvilka användningen af de fullkomligaste instrument och det samvetsgrannaste och skarpsinnigaste iakttagande af alla på företaget inverkande omständigheter gingo hand i hand. Men denna öfverensstämmelse är blott en tillfällighet. Ty för att bestämma längden af bågen mellan Paris och Amiens, hvars vinkel var noga bekant, hade Fernel ej användt något annat medel än helt enkelt en vagn, i hvilken han genomfor den sträcka, som skulle mätas; af antalet omlopp, som hjulen under tiden gjort, beräknade han den tillryggalagda vägens längd.

Vid ett sådant förfarande kan man ej tala om noggranhet, och om resultatet det oaktadt närmar sig det verkliga förhållandet, kommer det blott deraf, att ett fel upphäft ett annat.

År 1615 verkstälde geometern Snellius en gradmätning emellan Alkmaar och Bergen op Zoom i Holland. Den af honom uppmätta bågen utgjorde 1° 11′ 30″ och det deraf beräknade värdet för en grad 55021 toises (360937,76 fot). Denna mätning är intressant derigenom, att det var vid henne, som man först använde triangulationsmetoden, hvilken egentligen uppfans af Snellius.

På det andra ganska besvärliga sättet att finna bågens längd genom begagnande af mätkedja, således medelst omedelbar uppmätning, utförde Norwood år 1635 den redan omnämda gradmätningen emellan London och York, hvarvid man fick gradens längd till 57 424 toises (376 701,44 fot). Ett derifrån mycket afvikande värde, 62 650 toises (410 984 fot), erhöll Riccioli, och franska akademin, som insåg sakens stora vigt, beslöt nu, då man af de ofantliga skilnader, som alla på detta område hittills utförda arbeten ännu sins emellan visade, ej kunde sluta till den sannolikt riktiga storleken, att låta företaga en ny mätning, vid hvars verkställande alla vetenskapen till buds stående medel skulle anlitas.

Lösningen af detta problem anförtroddes åt den berömde geometern Picard. År 1669 utförde han sitt arbete med den yttersta samvetsgranhet, och hans mätning förtjenar framför alla det största förtroendet. Emellan Amiens och Malvoisine mätte han en båge om 1° 28′ 28″ och beräknade derefter längden af en meridiangrad till 57 060 toises (374 313,6 fot).

På denna uppgift stödde sig Huyghens och Newton vid sina beräkningar af jordens storlek, hvilken man ännu allt jemt betraktade som ett fullkomligt klot. Men när Richer gjort den iakttagelsen, att han, för att i Cayenne ha en riktig sekundpendel, måste förkorta den från Paris ditförda med 1¾ linie, samt funnit, att denna korrektion ej kunde skrifvas ensamt på värmets och den deraf följande utvidgningens räkning, framstälde Newton det påståendet, att denna förändring vore en följd af den genom jordens rotation alstrade centrifugalkraften. Han slöt vidare, att som denna kraft är störst vid eqvatorn, måste mera af jordens massa ha hopat sig der än vid polerna, och att jorden således ej vore ett klot, utan måste ha en afplattad eller apelsinlik form.

För att afgöra frågan blef på Picards uppmaning en ny gradmätning företagen af de båda Cassini, Dominique och Jacques, och den genom Paris gående meridianens hela längd i Frankrike uppmätt. Men dervid kom man till det märkvärdiga resultat, att gradernas storlek aftager mot polerna. Af den från Paris till rikets sydliga gräns utsträckta mätningen (6° 18′ 57″) fann man nämligen gradens längd = 57 097 toises (374 556,32 fot), då deremot mätningen från Paris till Dunkerque angaf dess längd till 56 960 toises (373 657,6 fot), hvaraf således, i strid mot Newtons på teoretiska grunder stödda åsigt, tycktes framgå, att jordaxelns längd — diameterns genom polerna — skulle vara större än eqvatorialdiameterns och jorden således ej längre ha formen af en apelsin an, utaf en citron.

De lärda i alla länder höjde sina röster dels för den newtonska, dels för den cassiniska åsigten. För att få ett slut på den med stor hetta förda striden anordnades af franska regeringen två gradmätningar på tillräckligt afstånd ifrån hvarandra. Den ena skulle företagas omedelbart under eqvatorn, den andra under polcirkeln.

Först utfördes (från den 16 maj 1735 till 1739) det under namn af »den peruanska mätningen» ryktbara företaget, och det dervid begagnade måttet, den peruanska toisen (= 6,56 fot), blef från den tiden det vetenskapliga grundmåttet i alla länder. Namn sådana som geometrerna Bouguers och Condamines, botanikern Jussieus, ingeniören Verguins, till hvilka ytterligare slöto sig andra, såsom den berömde spanske vetenskapsmannen de Ulloas, utgöra en borgen för, att det uppnådda resultatet motsvarar alla fordringar, som man kunde ställa på en dylik expedition.

I juni 1736 kom den andra expeditionen, bestående af akademins ledamöter Maupertuis, Clairaut, Camus och Lemonnier samt abbe Authier, med hvilka den svenske astronomen Anders Celsius förenade sig, till Bottniska viken och bestämde ännu samma år storleken af en grad till 57 434 toises (376,767,04 fot). Vid en jemförelse af detta värde med det

emellan Amiens och Malvoisine erhållna 57 060 toises (374 313,6 fot), emellan Paris och Dunkerque 56 960 toises (373,657,6 fot) och ännu mer med det vid den peruanska mätningen utrönta värdet 56 753 toises (372 299,68 fot) visade sig ganska tydligt, att jorden måste vara en mot polerna afplattad sferoid och att man ej kunde skänka något förtroende åt den cassiniska mätningen. Flera andra gradmätningar ha dessutom blifvit gjorda; vi vilja dock blott i korthet omnämna de vigtigaste.

Dessa äro: den af Lacaille 1750 på Afrikas sydspets utförda, emedan hon bevisar breddgradernas tilltagande mot polerna äfven på det södra halfklotet; den stora af Delambre, Méchain, Biot och Arago 1792 företagna, som utgör grunden för det franska metersystemet; den svenska af J. Svanberg 1801—1803 under polcirkeln; den af Gauss i Hannover; den ryska af Struve öfver 25 breddgrader från Ismaila vid Donau ända till Nordkap; den stora ostindiska, på 50-talet, och den midteuropeiska gradmätningen, som 1861 bragtes å bane enligt ett af generallöjtnanten dr Baeyer uppgjordt förslag och i hvars utförande staterna Baden, Baiern, Belgien, Danmark, Frankrike, Hannover, Holland, Italien, Norge, Preussen, Ryssland, Sachsen, Koburg-Gotha, Schweiz, Sverige, Würtemberg, Österrike m. fl. deltogo. Denna gradmätning, som ännu ej är afslutad, omfattar en yta af omkring 53 000 geogr. qvadratmil, således omkring tredjedelen af Europas ytinnehåll eller en 175:tedel af hela jordytan, och skiljer sig från de äldre af samma art derigenom, att hon ej blott skall vara en mätning i en meridian (breddgradsmätning) eller i en parallel (längdgradsmätning), utan en förening emellan båda, hvilken eftersträfvar det fullständiga bestämmandet af kullrighetsförhållandena inom en ansenlig del af Europa med alla lokala afvikelser från den regelbundna formen och utredandet af orsakerna till dessa afvikelser.

Metersystemet. Vid 1792 års gradmätning undersöktes en båge om 12° 22′ 13″ från Dunkerque till ön Formentera, storleken af en grad på hela denna sträcka af 705 189 toises (4 626 039,84 fot) uträknades, och på detta sätt erhölls meridianbågens längd mellan polen och eqvatorn. Tiomilliondelen af denna qvadrant skulle antagas till måttenhet. Men då, enligt de genom gradmätningen erhållna resultaten, meterns längd, just denna tiomilliondel af qvadranten, blef olika allt efter den antagna storleken af jordens afplattning mot polerna, rörande hvilken man ej så snart kunde komma öfverens, bestämde ett dekret af den 19 frimaire år 8, att den lagliga metern skulle vara lika med en metallstång, hvilken vid 0° C. mäter 443,296 parislinier på den vid 16,25° normalt bestämda perutoisen. Denna längd skulle, då de olika åsigterna rörande det sökta värdets verkliga storlek sannolikt ännu ej på länge skulle kunna förena sig om någon afgörande bestämmelse och man ej till en oviss framtid ville uppskjuta den vigtiga frågan om ett gemensamt mått, antagas öfverensstämma med tiomilliondelen af den sannolika jordqvadrantens längd och göras till meter.

Indelningen skedde enligt decimalsystemet. För beteckningarna antogos två döda språk, grekiskan och latinet, och man utgick härvid från det

antagandet, att alla den nyare kulturens folk skulle hysa samma tillgifvenhet för de folks språk, som grundlagt vår bildning. Man följde härvid grundsatsen att låna beteckningarna för måttenhetens öfverafdelningar från grekiskan och för underafdelningarna från latinet.

Längdenheten sjelf kallade man, såsom redan blifvit nämdt, helt enkelt meter (af det grekiska ordet μετρόν, mått); underafdelningarna: decimeter = 0,1 meter, centimeter = 0,01 meter, millimeter = 0,001 meter; öfverafdelningarna deremot: dekameter = 10 meter, hektometer = 100 meter, kilometer = 1 000 meter, myriameter = 10 000 meter. De förra bildades genom sammansättning med de latinska orden decem, tio, centum, hundra, mille, tusen, de senare med de motsvarande grekiska orden δέκα, tio, ἑκατόν, hundra, χίλιοι, tusen, och μύριοι, tio tusen.

Till vigtenhet antogs vigten af en kub rent vatten vid 4° C., hvars sida skulle utgöra en hundradels meter. Man kallade henne gram, efter det grekiska γράμμα, som antages ha vägt ungefär lika mycket som en kubikcentimeter rent vatten vid 4° C. Kilogrammet, 1000 gram, blef handelsvigten; det motsvarar 2,35 skålpund. För öfrigt följde beteckningen det vid längdmåttens indelning antagna skemat; de vigter, som voro mindre än ett gram, kallades decigram, centigram och milligram, de större dekagram, hektogram och kilogram.

Ytmått och rymdmått härleddes omedelbart från längdmåtten genom dessas qvadrering och kubering. Enheten för det förra, en yta om 100 qvadratmeter, således en qvadrat om 10 meters sida, erhöll namnet are (af area, yta); enheten för det senare deremot, en kub om 1 meters höjd, namnet stere (af στερεός = fast, solid).

En kub om en kubikdecimeters innehåll benämdes liter (af λίτρα, lika mycket som den latinska libra, omkring ett skålpund). Aren, steren och litern, liksom metern, grupperades och indelades vidare genom tilläggsorden deci-, centi-, deka-, hekto-, o. s. v.

Man ser häraf, att i hela metersystemet ej finnes någonting särskildt franskt, som kunde motverka dess införande som internationelt mått. Det oaktadt höras stundom ännu invändningar mot det samma, hvilka framhållas som särdeles vigtiga.

Den ena gången heter det: till bestämmande af metern har den meridian blifvit tagen, som går genom Paris; metern är således ett specifikt franskt mått. Den andra gången fäster man uppmärksamheten derpå, att metern, enligt nyare och allt jemt fullkomligare gradmätningar, ej längre är en tiomilliondel af jordqvadrantens längd, såsom han ursprungligen skulle vara, utan att i verkligheten en fjerdedel af meridiankretsen utgör 10 000 857,5 meter, och att metern sålunda är oriktig.

Det ena inkastet är lika haltlöst som det andra. För bestämmandet af ett klots storleksförhållanden är det alldeles likgiltigt, hvilken af dess storcirklar jag mäter, blott jag mäter en sådan eller ett stycke af en sådan, som går genom de båda ändpunkterna af en diameter, lika godt hvilken. För en rotationssferoid, sådan som vår jord, gäller nu visserligen ej denna

allmänna regel, emedan vi här hafva oändligt många olika diametrar: de största, som gå mellan motsatta punkter på eqvatorn, och den minsta, som förenar de båda polerna med hvarandra. Emellan dessa ligga diametrar af alla inom de nyss nämda gränserna möjliga värden. Men en meridian representerar i sina särskilda punkter vårt jordklots alla storleksförhållanden, och derför är han i och för sig den mest omfattande jorddimensionen. Då nu alla meridianer sins emellan äro lika — och hvarje hus har sin egen — samt parismeridianen är fullkomligt lika med den, som går genom Pontoise eller Potsdam, är det orimligt att anse den ena vara föredragen framför den andra. Dessutom bör ihågkommas, att vid bestämmandet af qvadranten, hvars tiomilliondel man antog till meter, alla tidigare gradmätningar äfven togos i betraktande och att alla länder, hvilka i detta hänseende gjort något för den vetenskapliga utforskningen af jorden, äfven kunna göra anspråk på äran att ha lemnat bidrag till bestämmande af metersystemets enhet.

Hvad åter beträffar den andra, ofta som särdeles vigtig framstälda invändningen, att metern skulle vara oriktig derför, att han ej mera utgör en tiomilliondel af jordqvadranten, så är det att blanda bort frågan. Ty genom den oupphörligt noggrannare undersökningen har visat sig, att de förra bestämningarna af jordens storlek lidit af fel, och så länge förbättrandet af instrument och mätningsmetoder fortgår, så länge skall man äfven finna de uppgifter, som senast ansetts för riktiga, behäftade med fel, men med fel, som röra sig inom allt trängre gränser. Enligt vår nu varande kännedom om jordens omkrets är han större än man 1792 trodde; hade man envisats att under alla förhållanden låta metern vara en tiomilliondel af jordqvadranten, alltså antagit jordqvadranten som enhet, skulle han nu mera ej vara riktig, utan behöfva förlängas. Men ett sådant vilkor ligger alldeles icke till grund för metermåttet. I fråga om detta, liksom om hvarje naturmått, ligger det ingen vigt på, att förhållandet mellan dess enhet och en oföränderlig dimension i naturen uttryckes just genom ett rundt tal, såsom 1 : 10 000 000, utan blott derpå, att detta förhållande är så vidt möjligt riktigt uppfattadt och att det rätta proportionstalet kan bevaras. Slutligen har man äfven gjort den invändningen, att en kroklinie (jordens omkrets) ej kan användas till medel att mäta räta linier. Men derpå kan svaras, att hvarje kroklinie redan är förvandlad till en rät i och med det samma hennes längd bestämmes och uttryckes, ja, man kan ej ens få kunskap om längden af en meridian på annat sätt än genom att mäta sjelfva kroklinien medelst läggande af raka måttstockar tätt efter hvarandra.

Då nu ingenting kan invändas mot metersystemet ur vetenskaplig synpunkt och erfarenheten, der det blifvit infördt, långt för detta visat, att det tillfredsställer alla fordringar på beqvämlighet, kan man våga hoppas, att vi deri funnit ett allmänt verldsmått. Huru beqväma dessutom de vanligaste i metersystemet förekommande måtten äro i praktiskt hänseende, skall jemförelsen med några andra mått visa.

1 meter = 3,078 parisfot = 3,368 svenska = 3,281 engelska = 3,186 rheinska = 3,531 sachsiska fot.

1 qvadratmeter = 9,477 parisqvadratfot = 11,344 svenska = 10,764 engelska = 10,152 rheinska = 12,469 sachsiska qvadratfot.

1 kubikmeter = 29,174 pariskubikfot = 38,209 svenska = 35,317 engelska = 32,346 rheinska = 44,032 sachsiska kubikfot.

1 kilogram = 2,043 parisskålpund = 2,351 svenska = 2,205 engelska = 2 preussiska, sachsiska, o. s. v. skålpund.

1 liter = 0,382 svensk kanna = 0,873 preuss. quart = 0,220 gallon = 1,068 dresdenkanna.

1 hektoliter = 3,821 sv. kub.fot = 1,819 preuss. scheffel = 0,963 dresdenscheffel.

1 hektare = 113 442,7 sv. qv.fot = 2,471 eng. acre = 3,917 preuss. acker = 1,807 sachs. acker o. s. v.

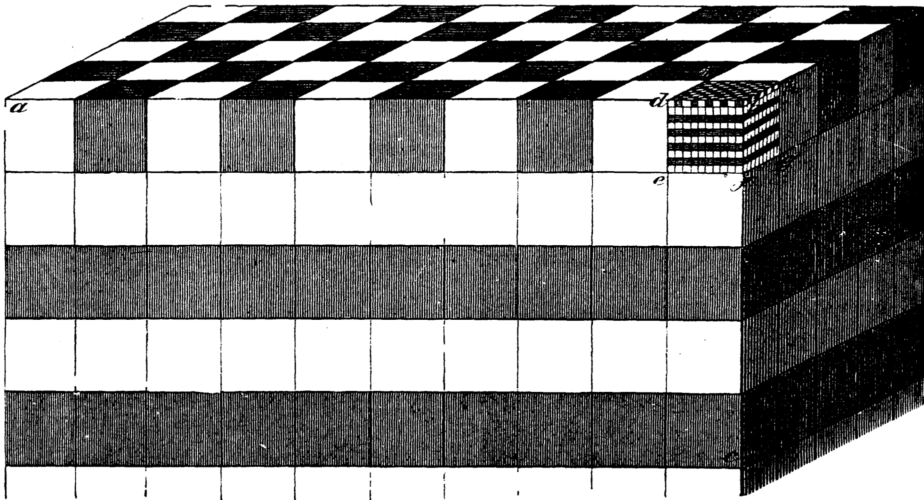


Fig. 10. Metermåtten.

Bringas nu myntsystemet i öfverensstämmelse med måttsystemet medelst en genomförd decimalindelning, kunna alla räkneoperationer, som man har att anställa med dessa storheter, på det enklaste sätt utföras. Det franska myntsystemet, ehuru ej på det fullkomligaste uppfyllande ändamålet, kan likväl tjena till bevis härpå. Man har mynt på en franc, fem, tio, tjugu, hundra, tusen franc; en franc är delad i 100 centimer. Kostar nu t. ex. 1 kilogram 7 fr. 50 c., så kostar 1 hektogram 75 c.; 3 hektogram kosta 3 gånger 75 c. eller 2 fr. 25 c., 10 kilogram 75 fr.; 2 dekagram 2 gånger 75 c. eller 1 fr. 50 c. En meter siden kostar 6 fr.; centimetern kostar då 6 c., 2 decimeter 120 c. eller 1 fr. 20 c. o. s. v. Hvarje barn kan lösa dylika frågor, och dess praktiska blick öfvas tidigt genom insigt i mått- och myntförhållanden, någonting som ej är möjligt med måttsystem, hvilkas begagnande leder till de mest intrasslade bråkräkningar.

Fig. 10 visar förhållandet mellan de enklaste metermåtten. Parallelipipedens sida ab är = 1 decimeter, dess höjd bc = 5 centimeter, så att

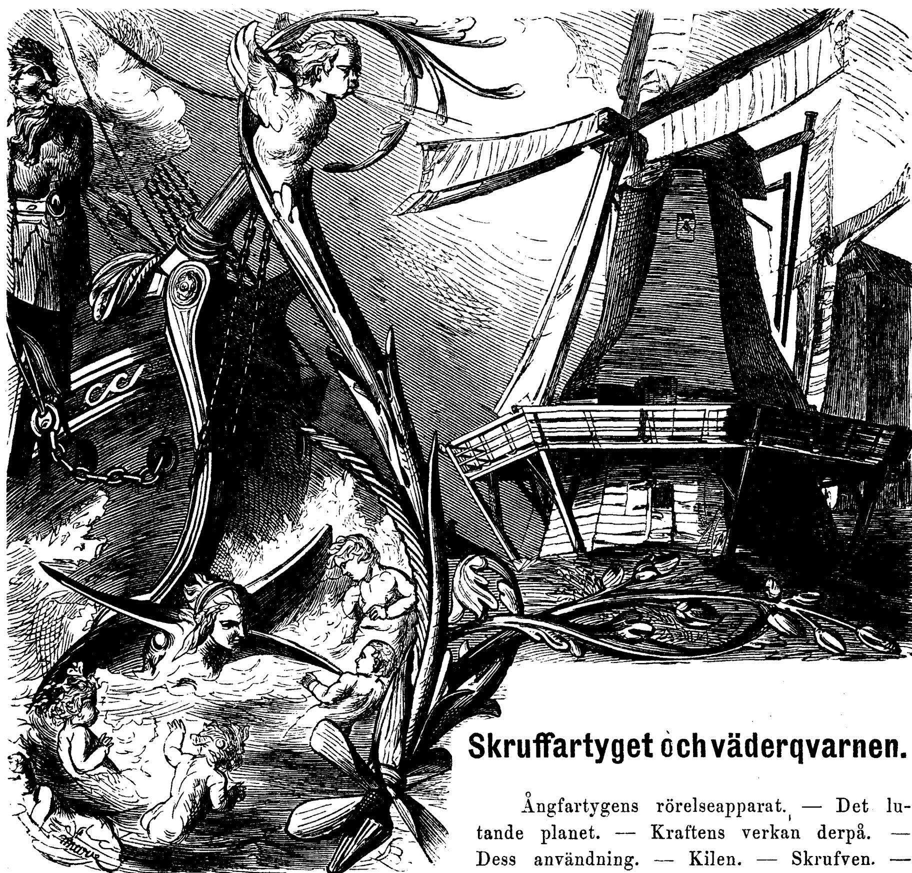
hvar sida af de större rutorna är = 1 centimeter. Hvarje sådan ruta är en qvadratcentimeter och den motsvarande kuben *bdefghi* en kubikcentimeter. Liksom decimetern är delad i centimeter, är centimetern *bd* delad i 10 millimeter, qvadratcentimetern i 100 qvadratmillimeter och kubikcentimetern i 1 000 kubikmillimeter.

Kraftmått. För arbetet, hvars köpande och säljande håller samhällslifvet i sina fogar och som, då dess alster äro underkastade ett ständigt utbyte, äfven sjelft måste kunna underkastas en värdering, förslå dock ännu ej de i det föregående omnämda måtten och mätningsmetoderna. Dervid komma faktorer med i beräkning, som fordra en särskild måttstock. Så vidt dessa ligga inom tankens område, kunna de naturligtvis endast tagas i betraktande och uppskattas af tanken; men så vidt de äro att hänföra till rent mekaniskt arbete, måste man äfven vara i stånd att underkasta dem en beräkning, som stöder sig på naturliga och oföränderliga värden. Huru detta kan ske, skola vi lätt fatta, om vi taga till hjelp de begrepp, som den fysiska lagen om naturkrafternas oförgänglighet och vexelverkan gaf oss.

Som ett allmänt exempel härpå kunna vi taga en ångmaskin. Hans kraft uppkommer genom spänstigheten hos den ånga, hvartill vi förvandlat vatten genom förbränning af kol. En bestämd mängd kol utvecklar genom det vid förbränningen uppkomna värmet alltid samma mängd ånga af en viss spänstighet, således äfven samma kraft, för hvilken kostnaden kan uttryckas genom kolpriset, och teoretiskt endast på detta sätt; men i praktiken tillkomma ytterligare utgifter för maskinens anskaffande, uppställning och skötsel, amorteringsprocenten, förlusten i verkan genom värmeutstrålning, friktion m. m.

Teoretiskt skulle man nu ganska väl kunna mäta det mekaniska arbetet med en enhet, hvilken uttryckes genom den verkan, som alstras af en viss mängd kol under dess förbränning, och denna mätningsmetod skulle i kolet erbjuda en långt säkrare värdemätare, än guld eller silfver någonsin kunna vara. Emellertid skulle detta mått för praktiken sakna fördelen af åskådlighet; man har derför ganska riktigt till enhet antagit den kraftmängd, som på en sekund förmår lyfta en vigtenhet en längdenhet.

Då tidsenheten (sekunden) under alla omständigheter är den samma, utsättes hon ej särskildt vid måttuppgifter på kraft. Vigt och lyfthöjd deremot måste man omnämna, emedan det är nödvändigt att veta, hvilket måttsystem för dem ligger till grund. För att utmärka enheten vid mätning af mekanisk kraft sammanbinder man alltså vigtenhetens och längdenhetens namn, t. ex. skålpundfot, kilogrammeter, och menar då i förra fallet den kraft, som på en sekund förmår lyfta ett skålpund en fot högt, i det andra deremot den kraft, hvilken under samma tid lyfter ett kilogram en meter högt; 16 kilogrammeter betyda den kraft, som kan lyfta 8 kilogram 2 meter eller 4 kilogram 4 meter eller 2 kilogram 8 meter högt. För ångmaskinernas ofta ganska betydliga effekt begagnas vanligen som enhet den så kallade hästkraften. Hon uppskattas till 600 skålpundfot eller 75 kilogrammeter.



Skruffartyget och väderqvarnen.

Ångfartygens rörelseapparat. — Det lutande planet. — Kraftens verkan derpå. — Dess användning. — Kilen. — Skrufven. — Lagen för den samma och hans användning. — Propellern; hans historia. — Du Quet. — Bernoulli. — Paucton. — Delisle. — Sauvage. — Josef Ressel. — Propellerns konstruktion. — Väderqvarnsvingen. — Vindens verkan på den samma. — Väderqvarnarnas historia.

Redan i början af 1700-talet framstäldes af Papin en plan att medelst ångkraft framdrifva fartyg; men först sedan ångmaskinen genom Watts arbeten erhållit den fulländning, att han blef användbar för praktiska behof, kunde denna ide erhålla verklighet och lif. Han upptogs redan 1784 af ett par amerikanska konstruktörer, Fitch och Rumsey, och bearbetades sedan af flera mekaniker både i gamla och nya verlden. Alla försök att lösa detta lockande problem misslyckades dock helt och hållet, ända till dess Robert Fulton år 1808 i New-York bygde den första ångbåt, som visade sig praktiskt användbar. Detta år skall i menskligetens historia förblifva evigt minnesvärdt, emedan Fultons uppfinning undanröjde det förnämsta hindret för folkens inverkan på hvarandras utveckling. Resan öfver oceanen kunde nu göras efter godtfinnande, oberoende af vindar och hafsströmmar. Fulton med sina snillrika ideer beleddes af mängden, men efterverlden räknar ho-

nom bland menniskornas största välgörare. Det är ej blott utvandraren, skeppsredaren, köpmannen och den resande, som komma i åtnjutande af fördelarna af det nya sättet att färdas öfver hafven; den obetydligaste menniska, den fattige ökeninvånaren, hvilken genomlefver sitt trångt begränsade lif till utseendet fullkomligt oberörd af den yttre verlden, äfven han har gagn deraf lika väl som den rike, hvilken är i stånd att omgifva sig med alster från alla verldens länder.

Den första iden till ångfartygens rörelseapparat var hemtad från de gamla roddbåtarna. Ett antal regelbundet på hvarandra följande skoflar skulle genom det motstånd, vattnet mot dem gjorde, framdrifva fartyget. Sedan man anbragt dessa skoflar hjulformigt omkring en axel, hvilken sattes i rörelse af ångmaskinen, visade sig denna ide fullt ändamålsenlig, hvarför han också, med någon obetydlig ändring i skoflarnas form, ännu i dag tillämpas. Åtskilliga olägenheter, som man väl insåg, syntes antingen oväsentliga eller omöjliga att undvika, hvarför man helt lugnt tog dem med på köpet. Den skakning t. ex., hvilken förorsakades genom hjulskoflarnas slag mot vattnet, var ingalunda fördelaktig hvarken för maskinens säkra gång eller dess bestånd, ej heller särdeles angenäm för besättning och passagerare. Vid sjögång kunde de på fartygets båda sidor anbragta skofvelhjulen ej arbeta regelbundet, i det än det ena än det andra höjdes öfver vattnet eller nedsänktes för djupt deri; slutligen var sjelfva hjulet mycket lätt utsatt för skada genom storm och andra yttre orsaker, en omständighet, som i synnerhet för krigsfartyg måste vara af den allra största betydelse.

Det återstod sålunda mycket att önska i afseende på regelbundenheten i fartygets gång och ett sådant läge hos rörelseapparaten, att han skyddades för inverkan af vågorna och, i fråga om krigsfartyg, äfven för fiendtliga skott. Om också denna fråga mindre berörde mängden af sjöfarande och skeppsbyggare, emedan en lycklig lösning deraf blott hade föga utsigt för sig, funnos likväl enskilda personer, som tidigt fattat och oafbrutet fullföljt tanken att öfvervinna de nämda olägenheterna. En stormig septemberdag 1837 plöjdes äfven det upprörda hafvet mellan Dover och Hythe för första gången af en ångbåt, som ej hade några hjulhus vid sidorna, ej lät höra bullret af skoflarnas slag, ej uppkastade skummet omkring sig, utan sköt lugnt och ljudlöst framåt och i stället för den vanliga breda vattenfåran, som följde de hittills brukliga ångfartygen, blott drog efter sig på vattnet ett långt slingrande streck, som tydligen härledde sig från den dolda rörelseapparaten. Denna nya ångbåt, Infant royal, var bygd af engelsmannen Smith, som två år förut tagit patent på skrufvens användning som rörelseverktyg i stället för de likt häfstänger verkande skofvelhjulen. Vi se sålunda i Infant royal den första propellerbåten.

Liksom allt nytt med fördom betraktas af den lättrörliga, men tanketröga mängden — och till denna stora mängd höra äfven dessa så kallade fackmän och sakkunniga, hvilka af lätja, okunnighet, afund och andra ömkliga bevekelsegrunder visa ifrån sig allt, som endast för dess upphofsmans skull ej

anstår dem — så gick det ock med den »nya propellern», och så hade det äfven gått honom förut, ty han hade redan en historia bakom sig af det slag, som framåtskridandets annaler, ty värr, endast allt för ofta ha att uppteckna.

För att göra det följande lättfattligt blir det emellertid här nödvändigt att något närmare taga i betraktande beskaffenheten och inrättningen af skrufven, den nya uppfinningens hufvuddel, och vi bedja för den skull läsaren följa oss på en kort färd genom ett fysikaliskt område. Då vi fått klart för oss verkningssättet hos den vanliga skrufven, hvars mångfaldiga användning vid flera af våra verktyg och maskiner vi ha tillfälle att iakttaga, skola vi äfven fatta den ide, som ligger till grund för propellern, ty denna erbjuder endast i sjelfva sättet för dess användning någonting nytt. Men det är ej ens den vanliga skrufven, utan en annan enklare maskin, som ytterst ligger till grund för de företeelser, som här komma i fråga.

Det lutande planet. Hvarje plan, som gör en vinkel med horisontalplanet, kallas ett lutande plan. Medan man genom en och samma punkt blott kan lägga ett enda horisontalplan, kunna tydligen för den samma gifvas oändligt många lutande plan med olika lutning mot horisonten.

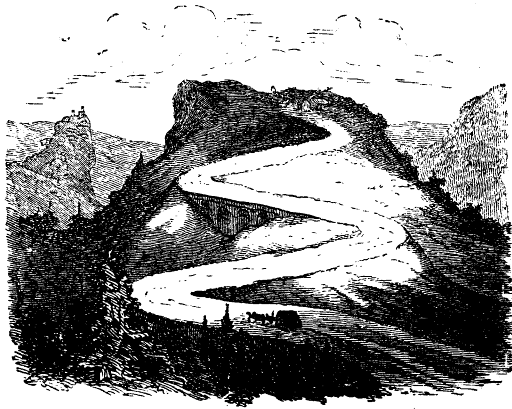


Fig. 12. Lutande plan (chaussé).

Hvar och en vet, att ju brantare en väg är, desto svårare är det att framdraga en vagn på den samma, hvilket deremot går så mycket lättare, ju mindre stigningen är eller ju större den längd är, på hvilken den stigning, som måste öfvervinnas, är fördelad. Emedan dragarnas så väl som lokomotivens arbetsförmåga har en gräns, får derför stigningen hos jernbanor och landsvägar endast gå till en viss grad. Kan en ännu brantare stigning ej undvikas, måste man antingen fördela henne på en större längd genom att draga vägen i zigzag eller ock tillgripa andra hjelpmedel, såsom vagnarnas dragande uppför en höjd medelst linor, hvilka genom en på höjden stående ångmaskin lindas omkring stora trummor eller s. k. linkorgar.

Blir stigningen allt större, öfvergår planet slutligen till ett lodrätt, och i detta fall blir den till lastens upplyftande erforderliga kraften ett maximum och lika med sjelfva lasten.

Man kan mycket lätt bestämma storleken af det motstånd, som planets olika lutning gör mot lastens förflyttning. Låt triangeln ABC i fig. 13 föreställa ett lutande plan i genomskärning, hvars bas är linien BC, höjd

linien *AC* och längd linien *AB*, så kunna vi tänka oss den last, som skall förflyttas, i *G* och dess vigt uttryckt genom linien *GD*. Tyngdkraften sträfvar att draga lasten lodrätt nedåt i riktningen af linien *GD*, men det lutande planet medgifver icke ett direkt nedfallande: lasten hvilar på det samma. Derigenom blir en del af tyngdkraften overksam i afseende på rörelsen och yttrar sig som tryck på underlaget; nedglidandet kan endast ske med den öfverblifna återstoden af kraften. Denna återstod är det, som måste öfvervinnas af den verkande kraften *Q*, som skall utgå från hästarna, lokomotivet eller någon annan motor.

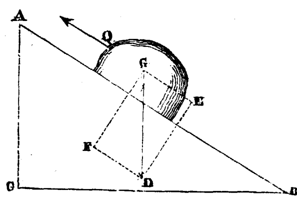


Fig. 13. Kraftens verkan på det lutande planet.

Frågan blir nu, huru stort detta motstånd är. Erinra vi oss från lagen för krafternas parallelogram den satsen, att hvarje kraft kan tänkas som resultant af tvenne andra krafter med samma angripningspunkt, behöfva vi endast draga linien *GD*, utgörande diagonalen i parallelogrammen *DFGE*, för att i de båda sidolinierna *GE* och *GF* finna de sökta värdena. Kraften *GD* kan nämligen sönderdelas i *GF*, den mot planet vinkelräta tryckningen, och *GE*, med hvilken lasten sträfvar att glida utför det lutande planet. Vill man alltså förhindra detta senare, måste man låta en med *GE* lika stor kraft verka i rakt motsatt riktning. Är denna kraft större, drager hon lasten uppför det lutande planet. Redan en blick på vår figur visar, att dragkraften ej behöfver vara så stor som lastens ursprungliga tyngd, och om vi betrakta fig. 14, se vi, att med stigningens aftagande lastens sträfvan att nedglida minskas, medan deremot trycket mot det lutande planet ökas.

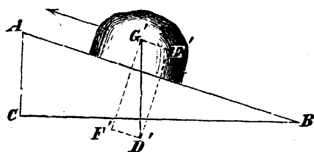


Fig. 14. Kraftens verkan på det lutande planet.

Hvilar en last på en horisontal yta, verkar hela dess vigt såsom tryck mot underlaget, och ingenting blir öfrigt för en rörelse åt sidan. Vi kunna sammanfatta denna lag sålunda: den kraft, hvarmed en kropp sträfvar att glida utför ett lutande plan, förhåller sig till kroppens tyngd som planets höjd till dess längd. Är alltså i fig. 13 detta förhållande dubbelt så stort som i fig. 14, måste äfven den till lastens förflyttning uppför planet erforderliga dragkraften i förra fallet vara dubbelt så stor som i det senare.

Vore det behöfligt att framdraga nya bevis för denna regel eller framlägga flera exempel på dessa sanningar, blefve vi endast villrådiga i valet bland de många, som erbjuda sig. Hvarje flodbädd är ett lutande plan, utför hvilket vattnet strömmar med en af lutningen beroende hastighet; en spelbana för uppfordring af malm, kol eller timmer, klotrännan vid en kägelbana, en kälkbacke o. s. v. äro ingenting annat än lutande plan. Dessa äro dock alla orörliga, i motsats till den på planet rörliga kroppen.

I praktiken känner man dock äfven en mängd användningar, der det lutande planet är rörligt. Om man nämligen drager en last uppför ett lutande plan eller upplyfter henne genom att drifva det lutande planet under henne, såsom vid användandet af kilen, kilpressen o. s. v., blifva tydligen de lagar, som gälla för förhållandet mellan lasten och den drifvande kraften, de samma som förut. Principen ändras icke heller, om man med kilens tillhjelp upplyfter en tyngd eller, såsom oftast sker, med honom söker upphäfva sammanhanget i en fast kropps massa. Yxan, hackan och knifven, mejseln, spaden, plogjernet, saxen, nålen, prylen, grafstickeln, kortligen allt, som skär eller sticker, äro användningar af kilen, och alla dessas verkan grundar sig, lika väl som kilens, på lagen för det lutande planet. Ju omärkligare lutningen är, d. v. s. ju finare eggen eller ju skarpare instrumentet är, desto lättare verkar det.

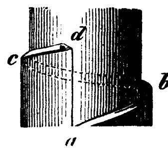
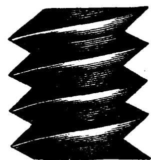
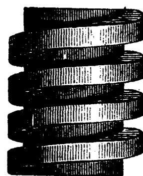


Fig. 15. Skrufvens teori.

Skrufven. De rörliga lutande planen föra oss nu närmare vårt egentliga ämne. Tänka vi oss en lång, smal, af något smidigt ämne, t. ex. horn, förfärdigad kil, som kan lindas omkring en cylinder, ha vi härigenom den i fig. 15 framstälda form, som vi kalla en skruf. Linien *abcd*, som genom det lutande planets yta aftecknas på cylinderns mantel, kallas skruflinie och ett helt hvarf från *a* till *d* en skrufgänga; *ad* är dennas höjd, och stigningen uttryckes, liksom vid det lutande planet, genom höjdens förhållande till längden eller genom skrufgängans vinkel mot basen. Det praktiska utförandet af skrufven är mycket olika; han kan vara skarpgängad eller plattgängad; i förra fallet är skrufgängans tvärskärning en triangel, i det senare en rektangel eller qvadrat (se fig. 16, 17). Då en större stigning sådant medgifver, anbringas två eller flera med hvarandra parallela gängor, såsom i fig. 18, hvilken föreställer en fyrgängad skruf. I drillborren se vi den praktiska tillämpningen af en sådan skruf.


Fig. 16. Skarpgängad skruf.


Fig. 17. Plattgängad skruf.

De mångfaldiga användningarna af skrufven tyckas ofta vid första påseendet vara någonting helt annat än en tillämpning af det lutande planet; men man inser lätt vid en närmare granskning förvandtskapen och sammanhanget emellan båda. Den riktning, hvari kraften verkar hos skrufven, ligger alltid i cylinderns axel. Man kan småningom införa skrufven, liksom en kil, i fasta kroppars massa (borren, korkskrufven); han framtränger då deri i axelns riktning och för hvarje helt hvarf alltid lika långt som höjden af en skrufgänga.

För att göra denna fortskridande rörelse möjligast likformig och säker begagnar man sig af en så kallad skrufmutter, hvilken i fördjupning visar skrufbultens upphöjda gängor (fig. 19). Allt efter som man nu gör skrufven eller muttern orörlig eller ger den ena en roterande, den andra en i axelns riktning framåtskridande rörelse, erhåller man som tillämpning

af skrufven och skrufmuttern de mångfaldigaste apparater, hvilka användas dels att utöfva en dragning eller ett tryck, dels att åstadkomma en omsättning eller förändring af rörelse (bokbindarpressen, vinpressen, myntpressen o. s. v.). I dessa är skrufven än rörlig (fig. 20), än fast, såsom i bokbindarpressen, kortpressen o. a.; än, såsom i drillborren, rör sig muttern i skrufvens längdriktning och tvingar honom derigenom att vrida sig eller tvärtom.



Fig. 18. Fyrgängad skruf.

Af det nu sagda framgår, att, då man ej tar friktionen med i beräkning, den genom skrufven verkande kraften måste förhålla sig till lasten eller motståndet som skrufgängans höjd till hennes längd. En skruf, hvars gängor på 10 liniers längd hafva en linies stigning, behöfver 1 skålpunds kraft för att hålla jemvigt med en last af 10 skålpund eller utöfva ett tryck af 10 skålpund. Ju mindre stigningen är, desto större kan det motstånd vara, som en gifven kraft öfvervinner. Visserligen förloras å ena sidan i tid, hvad man å den andra vinner i kraft, och effekten af ett visst arbete blir genom skrufvens tillhjelp hvarken större eller mindre; hela vinsten ligger deruti, att man med en jemförelsevis liten kraft kan öfvervinna ett stort motstånd, men detta motstånd undanskjutes i stället en så mycket kortare väg.

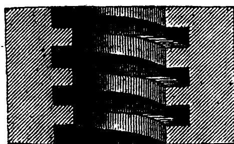


Fig. 19. Skrufmutter.

Skrufven är genom sin långsamma, likformiga rörelse särdeles egnad att åstadkomma utomordentligt fina förflyttningar, sådana som t. ex. erfordras på astronomiska och fysikaliska instrument, vattenpass, mikroskop o. s. v. Genom att förse skrufven med gängor af tillräckligt liten stigning och markera hans vridning på en graderad cirkel kan man med ytterlig noggranhet bestämma hans rörelse. Förbindes en dylik skruf med ett mikroskop, som medger tillräckligt skarpa observationer, kan man med en dylik apparat, en s. k. mikrometer, uppmäta de allra minsta föremål, hvilka det obeväpnade ögat ej ens kan urskilja, såsom stoftkornen på en fjärils vingar, blodkropparnas diametrar m. m.

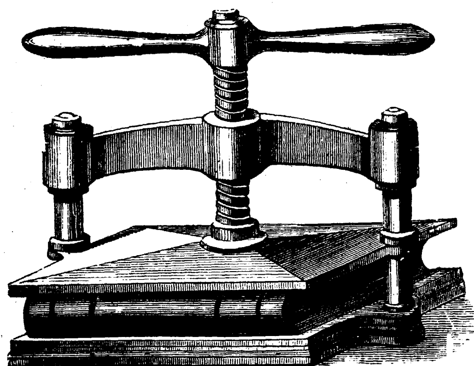


Fig. 20. Skrufpress med orörlig mutter.

Vi förbigå tills vidare en högst intressant användning af skrufven för mekaniskt-tekniska ändamål, den s. k. skrufven utan ända, till hvilken vi återkomma vid afhandlingen om kugghjul, och vända oss å nyo till vårt egentliga ämne: propellern och väderqvarnsvingen.

Propellern. Undersöka vi principen för propellern, finna vi, att han endast grundar sig derpå, att vattnet gör tillräckligt motstånd för att förhålla sig som en orörlig skrufmutter till en kring sin axel hastigt roterande skruf. Skrufven borrar sig in i det samma, liksom korkskrufven i korken, och rör sig följaktligen framåt i axelns riktning jemte det med honom förenade fartyget.

Hvem känner ej barnens omtyckta leksak, den s. k. flugan, hvilken, då hon försättes i hastigt omlopp, hvirflar sig högt upp i luften? Som fig. 21 visar, består hon af fyra i något snedt läge omkring en axel *a* anbragta vingar. Hvardera vingen utgör genom sin lutning en del af en skrufyta. Flugan sättes i den gaffelformiga öppningen af apparaten *b*, hvilken genom ett kring honom lindadt snöre försättes i hastig rotation, som naturligtvis meddelar sig åt flugan, hvarigenom hon skrufvar upp sig i luften och fortfar att stiga, så länge hennes rotation är tillräckligt hastig, för att stigkraften skall kunna öfvervinna tyngden, hvarefter hon åter nedfaller.

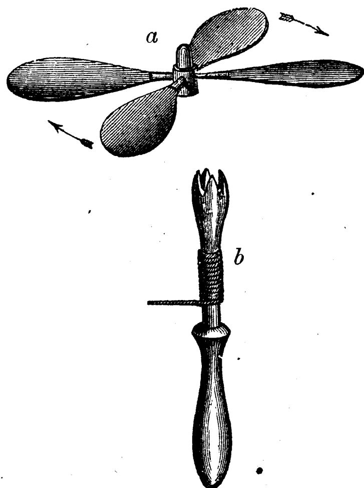


Fig. 21. Flugan.

På samma sätt som luftens motstånd mot den nämda leksaken verkar vattnets mot propellern; men då det senare motståndet är vida större och dessutom en kropps rörelse framåt i horisontal riktning är lättare att åstadkomma än hans lyftande i vertikal riktning uppåt, syntes det ej osannolikt, att en dylik apparat som flugan, om han erhölle en för ändamålet afpassad storlek och omloppshastighet, äfven skulle kunna sätta en så tung kropp som ett fartyg i rörelse, om han anbragtes så, att han verkade i dess längdriktning.

Efter flera fruktlösa försök lyckades man slutligen lösa problemet på ett tillfredsställande sätt. De bemödanden, som i denna afsigt gjordes, gå långt tillbaka. Redan 1731 föreslog en fransman, Du Quet, en apparat till fartygs framdrifvande mot strömmen, grundad på skrufvens verkan. Men Du Quet utgick från samma grundsats, hvarefter väderqvarnsvingen är konstruerad och för hvilken vi längre fram skola redogöra. På samma sätt som vindens kraft användes att sätta väderqvarnsvingen i rörelse, ville han nämligen begagna strömdraget att kringdrifva en med vingar försedd apparat, som roterade kring en axel. Denna axel skulle uppbära en trumma eller linkorg, kring hvilken en vid någon punkt längre upp vid strömkanten fäst lina skulle linda sig och derigenom draga fartyget uppför.

Detta förslag, som nu mera endast eger historiskt intresse, kom dock aldrig till utförande. I praktiken har det ej heller haft något inflytande på fartygsmaskinernas konstruktion. Om den ryktbare fysikern Daniel Bernoulli vid författandet af sin afhandling om fartygs-

skrufven också haft kunskap om Du Quets ide, har han dock ej begagnat sig deraf.

Bernoulli stälde saken på hennes rätta punkt, då han utgick från den fullkomligt nya tanken att låta den väderqvarnslika apparat, som han ville anbringa under fartyget, sättas i rörelse, icke af strömdraget, utan af en inuti fartyget befintlig kraft och derigenom framdrifva detta. Härmed var ock iden till propellern gifven, och äran häraf tillkommer den snillrike schweizaren. Det pris, som Bernoulli för sin afhandling erhöll af akademin, var väl förtjent; likväl blef sjelfva saken utom de lärdas krets föga uppmärksammad, och Paucton, som näst efter honom återkom dertill i sitt arbete »Teorin för den arkimediska skrufven» (Paris 1768), upprepade endast det ofvannämda förslaget. Men i afseende på det praktiska utförandet gaf han några vinkar, hvilka, märkvärdigt nog, i nära hundra år varit glömda och förbisedda, så att en senare tid kunnat framställa dem som någonting nytt. För att undvika olägenheten af skruffartygens allt för stora djupgående genom propellerns anbringande under fartyget föreslog Paucton att i stället för en skruf använda två, en på hvardera sidan af fartyget, eller ock en enda vid dess förstäf. Ofullkomligheten af den tidens mekaniska hjelpmedel och svårigheten att med tillfredsställande grad af noggranhet utföra ett sådant maskineri som det föreslagna voro utan tvifvel de förnämsta orsakerna till, att Bernoullis och Pauctons ideer ej ledde till något praktiskt resultat. Paucton förklarade vidare, att propellern utan olägenhet skulle kunna delvis höja sig öfver vattnet; vingarnas storlek och omloppshastighet borde rätta sig efter fartygets storlek o. s. v.


Fig. 22. Daniel Bernoulli.

Den kraft, som skulle frambringa propellerns rörelse, kunde på den tiden ej blifva annat än djurs eller menniskors muskelkraft. Endast några få år förut hade Watt börjat arbeta på ångmaskinens förändring, och på hans användande som motor för fartygs framdrifvande var ännu ej att tänka. Men då Fulton i början af detta århundrade bygt sina första ångfartyg, hvilkas framgång öfvertygat äfven den envisaste tviflare, var tiden inne att

framsöka Bernoullis och Pauctons förslag. Märkvärdigt nog skedde dock detta ej så snart.

En bland de första, som åter med allvar och ihärdighet riktade sin uppmärksamhet på skrufven och insåg hans praktiska betydelse som rörelseapparat för fartyg, var franske fortifikationskaptenen Delisle, hvilken 1823 till regeringen ingaf ett förslag härom, grundadt både på teoretiska undersökningar och experiment, verkstälda i ändamål att bevisa riktigheten af hans åsigter. Men hans bemödanden blefvo utan påföljd; mängden hade inga sympatier för fullkomnandet af ångbåtsfarten, hvars omätliga betydelse ännu ej var af henne insedd.

Först när handeln antagit ett sådant omfång, att man lärt sig uppskatta tidens värde annorlunda än förut, när jernvägarnas och telegrafernas triumfer manade sjöfarten till efterföljd, först då var jordmånen beredd för en gynsam utveckling af iden om propellern. Eget är också, att den allmänna föreställningen först till denna tid förlägger början till hela uppfinningen och helt och hållet förbiser Bernoullis och Pauctons långt äldre förtjenstfulla undersökningar. Engelska regeringen utfäste år 1825 ett pris för uppfinningen af förbättrade framdrifningsapparater för fartyg, dertill föranledd af de betydliga olägenheter, som den starka sjögången i Kanalen förorsakade skofvelhjulen. Ehuru detta pris tillerkändes Samuel Brown, har dock hans uppfinning ej erhållit någon praktisk betydelse. Men behofvet var nu insedt och uttaladt, och i denna insigt, i sjelfva frågans ställning, innefattades de gynsamma vilkoren för den länge sedan gjorda uppfinningens bringande till mognad.

Det är i synnerhet tre personer, hvilka deras medborgares patriotism gerna vill tilldela äran af den första uppfinningen: engelsmannen Smith, fransmannen Sauvage och tysken Ressel. Strängt taget, har ingen af dem, och allra minst Smith, rätt att göra anspråk på företrädet. Det är möjligt, att Ressel och Sauvage voro obekanta med sina föregångares arbeten och att deras ideer skulle ha utvecklat sig på samma sätt, äfven om Bernoulli och Paucton aldrig lefvat, men då upptäckten en gång var gjord, kan man ej heller frånkänna hennes upphofsmän deras ära. Efter Bernoullis framträdande kunde det nu endast vara fråga om att genom ett experiment i stor skala bevisa propellerns praktiska användbarhet och betydelse för sjöfarten. Att ådagalägga detta var mera den kraftiga viljans och de rika tillgångarnas än det egentliga uppfinnarsnillets sak.

En uppfinnings väsen ligger antingen i en på naturlagarnas område gjord, helt och hållet ny erfarenhet eller, såsom oftast är fallet, i påpekandet af en ny användning af kända sakförhållanden. Sjelfva skrufven var bekant sedan långt tillbaka, lagarna för hans rörelse i vattnet eller vattnets verkan som skrufmutter utreddes af Bernoulli, och alla nyare namn, som i denna sak dyka upp för våra blickar, ha derför erhållit sin ryktbarhet mera genom sin energiska kamp mot mängdens likgiltighet och marinmyndighe-

ternas obenägenhet än genom verkligt nya tankar, hvarigenom vetenskap och teknik på något betydande sätt skulle befrämjats.

Det är att göra en nation en dålig tjenst, när man, såsom ej sällan sker, gör sig all möjlig möda att framställa allt, hvad menskligheten eger, såsom från denna nation utgånget. Förr eller senare visar sig grundlösheten i detta mängden afnarrade erkännande, och lätt händer då, att äfven den verkliga förtjensten betraktas med misstrogna blickar. Författare af mer än en nation gå i ett sådant sjelfbedrägeri temligen långt och vilja ogerna medgifva, att någonting nyttigt eller vigtigt kan härleda sig från andra folk, samt förtiga derför helst, hvad som omöjligt låter härleda sig från ett fosterländskt ursprung. Suum cuique, hvar och en sitt, är den stora billighetslag, som naturen lär oss och hvarigenom allena hon sjelf består. Att i öfverensstämmelse med denna lag fördomsfritt studera historien måste här vara vårt mål.



Fig. 23. Frédéric Sauvage.

Frédéric Sauvage föddes i Boulogne den 19 september 1785 och ingick redan tidigt i den i hans fädernestad förlagda ingeniörkår; 1811 öfvergaf han dock denna bana och blef skeppsbyggmästare. Förmodligen fann han ej heller på denna väg den hastiga framgång, han med sitt lifliga temperament väntat sig, ty vi finna honom inom kort syselsatt med helt andra företag. I stenbrotten vid Ellinger i närheten af Marquise grundade han 1812 en anstalt för marmorns sönderságning och polering, hvarvid han som motor använde en väderqvarn med horisontalt roterande vingar. Denna uppfinning eller, rättare sagdt, förbättring af en redan gammal uppfinning förskaffade honom en belöningsmedalj. Vidare uppfann han för plastiska ändamål några vigtiga instrument, bland hvilka i synnerhet den s. k. reduktorn förtjenar omnämnas. Detta verktyg, som begagnas för att i förminskad skala framställa bildhuggerier, ha vi hufvudsakligen att tacka för de otaliga goda kopior af antika konstverk, hvarmed handlande med gipsfigurer till så ringa pris förse oss. En hydraulisk blåsbelg härleder sig äfven från Sauvage. Men ingen af dessa olikartade uppfinningar, lika litet som hans vigtigaste företag, den praktiska användningen af propellern, förmådde upphjelpa hans förfallna affärer eller hindra hans ekonomiska ruin. År 1832 hade Sauvage tagit patent på en

propellerkonstruktion, men hans medellöshet tillät honom ej att på ett öfvertygande sätt utföra sina ideer. Slutligen egde han ej så mycket, att han kunde betala en obetydlig skuld, för hvilken han blef satt i fängelse, der han ännu lär ha suttit, då (1843) det för franska regeringens räkning efter en modell af hans ofvan nämde medtäflare Smith bygda skrufångfartyget Napoleon gick af stapeln i Havre. Ändtligen, tolf år efter hans första försök, insåg man värdet af den nu från England öfverförda rörelseapparaten. Redan Napoleons första profresa, hvarvid en dertill beordrad kommission, bestående af sjöministeriets främsta ledamöter, medföljde, lemnade intet tvifvel öfrigt i afseende på framgången. Tidningarna omfattade saken med ifver; man tänkte på den olycklige Sauvage och erinrade sig med sjelfförebråelse hans öde, så att till och med England visade ett vackert deltagande för den beklagansvärde mannen. Hans skuld betalades, han erhöll understöd och en liten pension, men för sent, ty hans sista uppgift och den, vid hvilken han fäst sina största förhoppningar, var utan hans åtgörande löst af en främling. Efter en sorglig lefnadsafton dog han den 17 juli 1857 på sjukhuset Picpus i Paris utan att af någon af sina talrika uppfinningar ha skördat någon nämnvärd vinst för sig eller sin familj.



Fig. 54. Josef Ressels staty i Wien.

Josef Ressel föddes i Chrudim i Böhmen 1793. Han framlefde här sin första ungdom, tills han från föräldrahemmet kom till Linz. Sedan han på der varande gymnasium fått sin första bildning, begaf han sig, efter att först i Budweis ha studerat artillerivetenskapen, till universitetet i Wien för att egna sig åt medicinen. Det var naturvetenskaperna, som i synnerhet fängslade hans intresse och föranledde honom att ändra sin lefnadsplan. År 1814 ingick han vid skogsinstitutet i Mariabrunn och utnämdes 1816 till forstagent i Unterkrain. Under sina akademiska studier gjorde Ressel sitt första försök att använda skrufhjulet som rörelseapparat för fartyg. Redan 1812 skall han ha uppgjort ritning till en propeller och an-

stält lyckliga försök dermed. Detta skulle sålunda i sjelfva verket utgjort det första steget till förverkligandet af den vigtiga uppfinningen, men först 1825 bragte han sin ide till den mognad, att hennes praktiska användbarhet kunde anses afgjord. Sjelf var Ressel fullt öfvertygad derom och uttog patent på uppfinningen 1827, fem år före Sauvage och åtta år före engelsmannen Smith, som till slut skulle gå dem båda i förväg. Redan 1829 företogs under Ressels ledning och under befolkningens jubel i Triests hamn försök med ett efter hans anvisning bygdt propellerfartyg. Oaktadt framgången var lysande, blef dock saken åter glömd, tills hon i utlandet slutligen omfattades med ifver. Ressel dog som marinforstintendent i Laibach den 9 oktober 1857. Genom den minnesvård, som restes åt honom i Wien, visades honom den ära, han så väl förtjenat.

Medan Sauvage i Frankrike utförde sina arbeten, anstälde ett stort antal andra konstruktörer i England och Förenta staterna undersökningar i samma riktning. Ericsson, Beyre, Napier, Blaxman och Timothy utmärkte sig särdeles i detta afseende. Under åren 1836—38 försökte kapten Ericsson i England sitt propellersystem, hvilket äfven blef fördelaktigt bedömdt och användt på en bogseringsbåt.

Senare än Ressel och Sauvage uppträdde Smith och bygde efter samma princip 1837, skyddad af ett två år förut uttaget patent, sitt förr omnämda fartyg Infant royal. Detta fartyg hade 33,7 fots längd och 6 tons' (1,43 nylästers) drägtighet samt en maskin af blott 6 hästkrafter. Profresan lyckades, men fackmännens misstroende och konservatism utgjorde ett envist hinder för sakens framgång. Först i maj 1838 lät amiralitetet pröfva uppfinningen. Derefter bildade sig ett sällskap för »ångkraftens användning som fortskaffningsmedel» med syfte att utföra Smiths förslag i största möjliga utsträckning.

Det första större fartyget, Arkimedes (1838), hade 240 tons' (57 nylästers) drägtighet. Profresorna härmed utföllo äfven gynsamt, och kaptenen vid flottan Chapell, hvilken var beordrad till besigtningsman, måste erkänna de af amiralitetet uppstälda vilkoren, 4—5 knop eller $^2/_3$ mil i timmen, vara öfverträffade, ty Arkimedes tillryggalade 10 knop ($1\,^1/_2$ mil) och kunde sålunda uthärda jemförelse med de bästa ångfartyg. Det gjorde sedermera flera resor med till och med ännu större hastighet. I juni 1840 gick det från Dover till Calais, från Portsmouth till Oporto, 120 mil, och behöfde till denna färd blott 70 timmar. Det gjorde äfven en resa rundt omkring England, och denna var för Smith ett triumftåg, ty han lade till i alla betydande hamnar och ett stort antal af de mest framstående ingeniörer och vetenskapsmän fingo derigenom tillfälle att med egna ögon öfvertyga sig om propellerns förträfflighet.

Samma år inlopp i Triests hamn det första engelska propellerfartyg och beredde Ressel tillfredsställelsen att se alla sina förutsägelser bekräftade. Som redan är nämdt, bygdes derefter det första franska propellerfartyget, Napoleon (1843), och nu gick det raskt framåt. Redan 1845 vågade man använda propellern på en af de största ångbåtarna, Great Britain, med en maskin af 1 200 hästkrafter. Sedan nu propellerns förträfflighet som

rörelseapparat för fartyg var till fullo bevisad, antogs han ändtligen äfven för krigsfartyg, för hvilka det är af synnerlig betydelse, att denna vigtiga maskindel har ett skyddadt läge. Han medför här äfven den fördelen, att kanonerna nu kunna ställas på de för deras användning fördelaktigaste platserna, hvilka förut borttogos af hjulhusen.

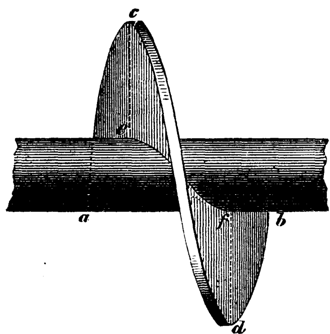


Fig. 25. Propellerns första form.

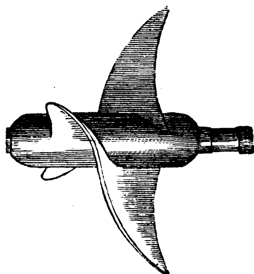


Fig. 26. Dubbelgängad propeller. Fiskstjertsform, Rennies konstruktion.

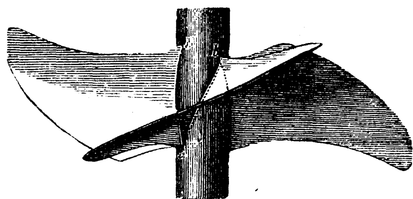


Fig. 27. Fyrgängad propeller.

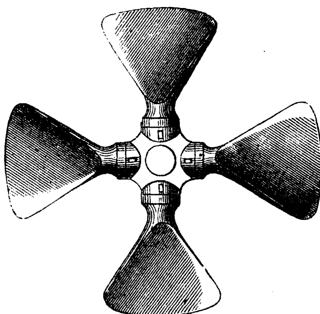


Fig. 28. Fyrgängad propeller till Great Britain.

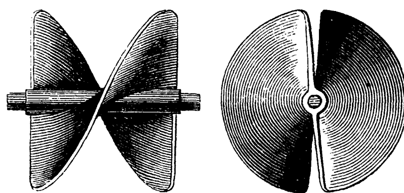


Fig. 29. Dubbelgängad propeller.

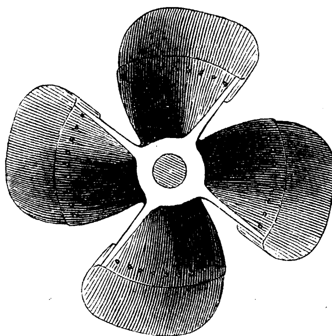


Fig. 30. Den i Sverige brukligaste propellern.

Efter denna korta historik öfver uppfinningen i sin helhet torde det vara lämpligt att med några ord vidröra utvecklingen och fulländningen af sjelfva propellerns konstruktion.

Af det nu sagda framgår, hvilka de hufvudsakliga vilkoren äro, för att en propeller skall gifva bästa möjliga effekt: 1) en stor yta eller en stor diameter, hvarigenom en betydlig vattenmassa påverkas, hvars motstånd är så stort, att propellern hellre förflyttar sig in uti den samma, än undanskjuter

henne; 2) en lämplig stigning hos skrufgängorna, så att för hvarje hvarf en i förhållande till den använda kraften möjligast stor framdrifning åstadkommes, och 3) en passande rotationshastighet.

Propellern till Arkimedes erhöll formen af en mycket bred skrufgänga, ungefär af det utseende, som fig. 25 visar. Dess stigning *ab* uppgick till 8,4 fot, dess diameter *cd* till 7,3 fot och skrufgängans bredd från periferin till axeln till omkring 3,4 fot. Genom en tillfällighet förkortades propellern; fartyget stötte på grund och förlorade den ena hälften af skrufgängan, så att endast ett stycke *cdef* återstod, och det visade sig nu, att fartyget genom denna stympning af propellern gick fortare än förut.

Stödd på denna erfarenhet, konstruerade man sedermera propellern ej mer af en skrufgänga, som utgjorde ett helt hvarf, utan använde i stället två gängor, af hvilka hvardera upptog endast ett halft hvarf (fig. 26 och 29). Erfarenheten visade snart, att äfven den dubbelgängade skrufvens verkan förbättrades genom att minska gängornas längd och öka diametern. Noggranna försök och iakttagelser gjorde sannolikt, att icke heller en skrufgänga om ett halft hvarf erfordrades eller ens vore fördelaktig. Man använde då i stället fyra propellerblad, hvart och ett upptagande ett fjerdedels hvarf, och på skrufskeppet Great Britain utgjordes propellern endast af fyra i samma riktning böjda vingar, fästa vid ett gemensamt centrum (fig. 28). Under de senare åren har man äfven börjat använda två propellrar, en på hvardera sidan om rodret. Så t. ex. är ångfartyget Carlsund försedt med tvenne fyrbladiga propellrar. Fördelen af denna anordning ligger i synnerhet deruti, att fartyget lättare än eljest kan vända, hvilket i trånga farvatten är en omständighet af stor vigt.

Det af centrifugalkraften i rörelse satta vattnets verkan kan delvis tillgodogöras derigenom, att man gifver propellerbladens ända en böjning åt det håll, hvaråt bladen vid framåtgåendet rotera. För att ytterligare öka propellerns verkan brukar man äfven ge honom en tilltagande stigning, hvarigenom tydligen bladens sista delar fördelaktigare verka på det af de främre delarna i rörelse satta vattnet. Efter dessa grunder ha de i Sverige mest brukliga propellrar erhållit ett fig. 30 liknande utseende, då propellern ses framifrån. De egentligen propellerande ytorna eller bladen äro här fastnitade vid propellerns inre del, som är gjord särdeles stark, hvarigenom den fördelen vinnes, att, då något af de mera utsatta och jemförelsevis svaga bladen går sönder, en reparation kan utföras med mindre kostnad och tidsförlust, än om propellern vore gjuten i ett stycke. Propellern anbringas alltid så djupt under fartygets vattenlinie, att ingen del deraf under någon omständighet kommer att ligga öfver vattenytan. Propelleraxeln sättes i rörelse af ångmaskinen. Om vattnet alldeles icke veke undan för propellerbladen, skulle tydligen fartygets rörelse framåt för hvarje hvarf af propellern vara lika med en stigning; men emedan vattnet föres akter öfver, på samma gång fartyget drifves framåt, blir denna rörelse ej fullt så stor, utan endast 0,7 till 0,9 af en stigning för hvarje hvarf propellern gör. Propellerns rotationshastighet kan uppgå till 150 hvarf i minuten och till och med deröfver.

Att här skärskåda den mängd förändringar och förbättringar, som blifvit föreslagna, skulle föra oss allt för långt; de omfatta för öfrigt endast propellerbladens olika böjning och proportioner, men innehålla ingenting i sjelfva principen nytt. Lika litet kunna vi ingå i några praktiska enskildheter, innan vi tagit kännedom om ångmaskinen. Till en början har vår uppgift endast varit att antyda uppfinningens teori och framlägga en kort historik deröfver, och för detta ändamål må det redan anförda vara tillräckligt, tills vi i detta verks tilläggsband få tillfälle att närmare redogöra för propellerfartyget.

Väderqvarnen. Vi öfvergå nu till en af propellerbåtens anförvandter: väderqvarnen. En ytlig betraktare af båda dessa föremål skall helt säkert snarare märka de skenbara motsatserna än den öfverensstämmelse, som råder i de principer, efter hvilka båda verka. Propellern är nedsänkt under vattenytan, och väderqvarnsvingen svänger högt uppe i luften; den ena ilar genom hafvet från kust till kust, medan den andra deremot fullgör sitt arbete på ett och samma ställe; den ena roterar i ett stillastående medium, den andra drifves af det medium, hvari han roterar; den ena meddelar och den andra mottager rörelse. Dessa förhållanden äro hvarandras motsatser, och dock sammanfalla båda under en och samma lag.

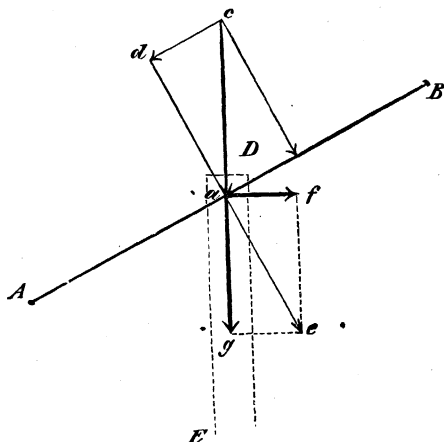


Fig. 31. Vindens verkan på väderqvarnsvingen.

Visserligen har man äfven på ett och annat ställe bygt väderqvarnar, hvilkas vingar konstruerats efter andra grunder än skeppspropellerns blad. Tänker man sig en ångbåt med skofvelhjul, liggande för ankar i en häftig ström, sträfvar tydligen vattnets stöt mot skoflarna att kringdrifva hjulen. En liknande anordning, der hjulets axel, i stället för af en ångbåt, uppbäres af en pråm, på hvilken dessutom är anbragt ett af samma hjul drifvet qvarnverk, kallas för en skeppsqvarn. På land kan man använda vindens kraft på samma sätt som vattenkraften vid skeppsqvarnen derigenom, att man medelst en kåpa kring hjulets ena hälft skyddar denna mot vindens inverkan. Dylika väderqvarnar förhålla sig till de vanliga ungefär som hjulfartygen till dem med propeller. I följd af de praktiska svårigheterna vid deras utförande användas de dock ytterst sällan. Lägges en propellerbåt för ankar i en stark ström, skall det mot propellern strömmande vattnet sträfva att kringvrida honom, och på samma sätt drifver vinden väderqvarnens vingar; ty dessa äro, liksom propellerns blad, ingenting annat än delar af en kring sin axel gående skrufgänga.

Om en vindstöt träffar vinkelrätt mot en yta, liksom vattnet mot skeppsqvarnens hjulskoflar, sträfvar han att åstadkomma en i samma riktning gående

rörelse eller, i ett fall sådant som det nämda, en vridning af hjulet kring dess axel. Stöter vinden åter snedt mot ytan, blir en del af kraften overksam, och blott en andel, hvars storlek är beroende af vindriktningens lutning mot ytan, utöfvar en mot henne vinkelrät tryckning, som, i händelse ytan är fäst vid en axel, sträfvar att åstadkomma en roterande rörelse. Med tillhjelp af satsen om krafternas parallelogram kan detta ådagaläggas medelst en enkel konstruktion. Låt AB, fig. 31, föreställa en ofvanifrån sedd väderqvarnsvinge, som är fäst vid axeln DE, hvilken vi antaga ligga i vindens riktning, hvilket ju alltid är händelsen, då qvarnen arbetar. Låt ca föreställa vindens tryckning mot vingen. Denna kraft kunna vi enligt den nämda satsen sönderdela i tvenne, af hvilka den ena verkar utefter vingens yta, den andra vinkelrätt deremot. Som bekant, representeras dessa krafter till riktning och storlek af sidorna cd och da i den parallelogram, hvars diagonal är ac. Kraften cd är tydligen för väderqvarnsvingen utan verkan; återstår således endast kraften da, men ej heller denna kommer vridningen till godo; konstruera vi nämligen parallelogrammen $aefg$, i hvilken $ae = ad$, så uttrycker linien af storleken af den kraft, som sträfvar att vrida vingen kring hans axel, och linien ag deremot den kraft, hvarmed vinden sträfvar att förskjuta axeln i sin egen riktning.

Det är tydligt, att väderqvarnens effekt blir större, i samma mån hon påverkas af en större luftmassa och med ju större hastighet denna luftmassa stöter emot hennes vingar. Då det emellertid dels för qvarnens eget bestånd och dels för de maskiner, hon drifver, ej är likgiltigt, med hvilken effekt och hastighet hon arbetar, är det nödvändigt att vid mycket stark vind kunna minska qvarnens vingyta och vid svag vind öka henne. För detta ändamål utgöres qvarnvingens mot vinden vända yta antingen delvis eller helt och hållet af ett segel, som i mån af behof kan refvas, då vinden tilltar i styrka. För att erhålla största möjliga effekt måste qvarnen kunna ställas med vingarna vända mot vinden, från hvad håll denna än blåser. För att möjliggöra detta gjordes på äldre konstruktioner, som ännu mycket förekomma i Sverige, hela qvarnbygnaden vridbar omkring en axel. Härvid erfordrades naturligtvis en möjligast lätt konstruktion, hvarför dessa qvarnar utan undantag äro bygda af trä. Först på de s. k. holländska väderqvarnarna, hvilka troligen ej varit kända längre än sedan 1650, har man gjort endast den öfre delen, som uppbär väderqvarnsaxeln, rörlig. Derigenom har man vunnit fördelen att kunna bygga den andra delen af sjelfva qvarnhuset tyngre och starkare och derigenom bättre i stånd att motstå så väl vindstötarnas verkan som skakningen från det rörliga maskineriet. Väderqvarnsvingarnas antal är vanligen fyra, stundom sex; på senare tid har man dock bygt väderqvarnar med ända till tjugu vingar.

Väderqvarnar användas nu mera ej endast till malning, utan äfven till sågning, vattenuppfordring m. fl. ändamål. Då emellertid vindkraften är mycket föränderlig och, åtminstone på vetenskapens närvarande ståndpunkt, omöjlig att på förhand beräkna och vi ej heller ännu utfunnit något medel

att magasinera denna kraft från den ena dagen till den andra, är väderqvarnarnas användbarhet inskränkt till sådana ändamål, der drifkraftens föränderlighet ej medför någon nämnvärd olägenhet. För den större industrin äro dessa maskiner således ej lämpliga.

Väderqvarnens historia är, liksom de flesta mycket gamla uppfinningars, höljd i dunkel. Sannolikt är, att hon användes i Asien, långt innan hon var känd i Europa. Allt sedan menniskan underkastades budet att äta sitt bröd i sitt anletes svett, har hon sträfvat att göra detta bud för sig så litet tryckande som möjligt samt för detta ändamål sökt göra naturkrafterna till sina tjenare, och väderqvarnen utgör en bland de första frukterna af dessa försök. Af hvem och i hvilket land denna uppfinning först gjordes, är oss nu omöjligt att utröna. En arabisk resande, Ibn Hankal, omnämner, att redan i nionde seklet väderqvarnar voro i bruk i det persiska höglandet. Att kännedomen om dem under korstågen kom från orienten till Europa, är åtminstone högst sannolikt. Den första kända urkund, som vitnar om väderqvarnars tillvaro i Europa, är ett diplom af 1105, hvari ett kloster i Frankrike erhåller rätt att bygga sådana. Från Frankrike spreds kännedomen om dem till England. År 1393 skall den första väderqvarn i Spanien blifvit bygd. De holländska väderqvarnarna med fast underbygnad och rörlig öfverdel uppfunnos först omkring medlet af 17:e århundradet. Bland framstående vetenskapsmän, som syselsatt sig med väderqvarnens teori, beräkningen af vingarnas lämpligaste form och hastighet, kunna vi nämna Parent, Daniel Bernoulli, Maclaurin, Euler, Smeaton, Coulomb och Coriolis.

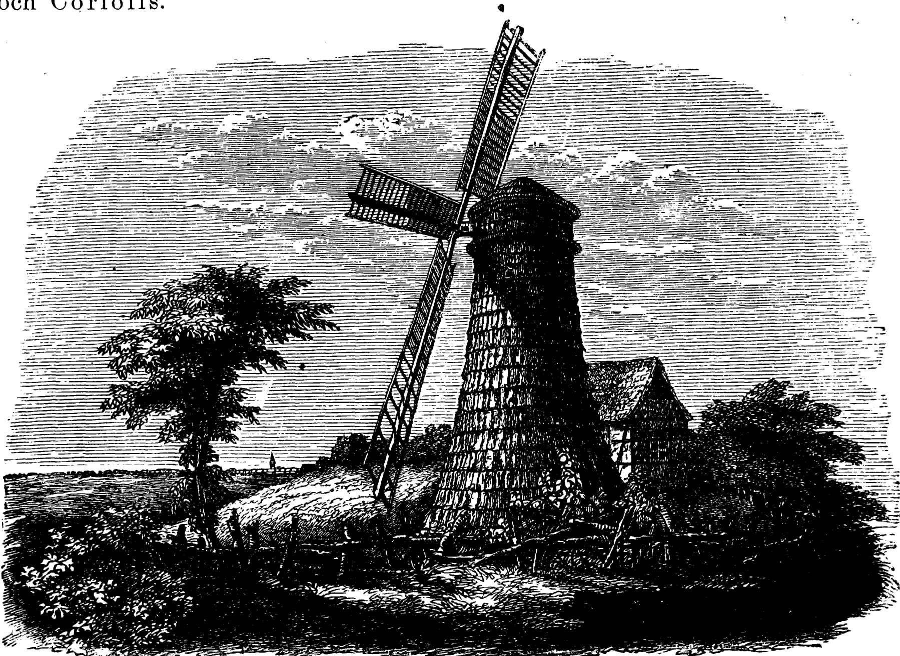
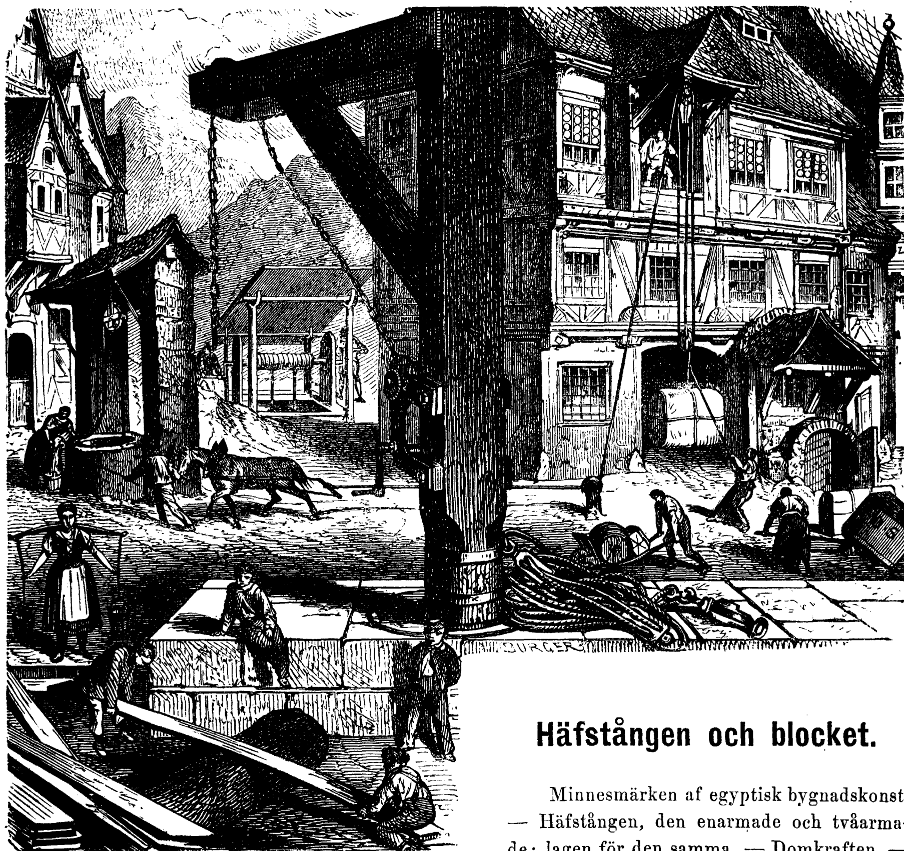


Fig. 32. Den historiska tobaksqvarnen på slagfältet vid Leipzig.



Häfstången och blocket.

Minnesmärken af egyptisk bygnadskonst. — Häfstången, den enarmade och tvåarmade; lagen för den samma. — Domkraften. — Hjulet med valsen. — Kugghjulet. — Skrufven utan ända. — Friktionen. — Blocket.

»Af denna sten kostar hvarje skålpund 4 franc», brukade parisarna säga, när de visade någon främling den på Place de la concorde uppresta obelisken från Luxor. Och dessa 4 franc utgöra dock endast transportkostnaden, ty sjelfva obelisken var en gåfva af Mehemed Ali till Ludvig Filip.

Denna obelisk är en monolit af nära 70 fots höjd, hvars fyrkantiga bas på hvarje sida håller $6\frac{3}{4}$ fot; han afsmalnar uppåt och slutar med en pyramidformig spets, hvars baskant håller 5 fot i längd. Obeliskens vigt uppgår till nära 6 000 centner, och hans transport från Egypten till Cherbourg (1831—1833) samt derifrån till Paris kostade tillika med hans uppställning ej mindre än ungefär 1 400 000 rdr. I följd af de dyra och mödosamma förarbetena för hans uppresande blef han först 1836 uppstäld.

Sådan möda och kostnad förorsakade transporten af en enda sten i 19:e århundradet, då man likväl förfogar öfver mekaniska hjelpmedel, som, åtminstone i jemförelse med forna tiders, ega en hög grad af fulländning. Obeli-

sken ifrån Luxor är ej på långt när den högsta; framför Laterankyrkan i Rom står en annan, hvars höjd är 200 fot och hvars vigt uppgår till 15 000 centner. Denna obelisk hemtades från Egypten till Rom under kejsar Constantius II.

Höjden af de flesta obeliskerna skiftar mellan 50 och 100 fot. De äro alla huggna ur ett enda stycke och erhöllo sin bearbetning vid stenbrottet, hvarifrån de sedan forslades till den plats, der de skulle uppställas och som ofta kunde ligga flera mil derifrån. Betrakta vi pyramiderna, hvaraf en, konung Kufus, har ett kubikinnehåll af ungefär 115 millioner kubikfot och en vigt af nära 300 millioner centner, och betänka, att de äro sammansatta af stycken, hvaraf många väga omkring 2 400 centner, och att några af dessa kolossala block måste uppfraktas till en höjd af omkring 500 fot, kunna vi väl med förvåning fråga, huru det varit möjligt att i en tid, som ligger på ett afstånd af 5 000 år från vår egen, åstadkomma dylika bygnadsverk. Det förefaller, som en hel här af arbetare och en arbetstid af en hel mansålder knapt skulle kunnat förslå för ett dylikt arbete.

Många menniskors och dragares förenade krafter förmå uträtta mycket, men till dylika arbeten erfordras ej allenast en stor arbetsstyrka, utan äfven en ändamålsenlig användning af den samma. Många ha derför trott, och det påstås stundom ännu, att det gamla Egyptens civilisation varit mycket hög och att hon särskildt haft kännedom om mekaniska hjelpmedel, som sedan fallit i glömska och hvarom nutidens vetenskap ej har någon aning. Detta är emellertid ej händelsen. I stället för att tala om en hög civilisation, vitna dessa minnesmärken tvärtom om det förfärligaste barbari, om herskarnas despotism och folkets slafveri. En bygnad af dylika dimensioner, som ej har någon annan orsak än en despots nyck och intet annat ändamål än att föreviga hans minne, kan endast utföras der, hvarest både despotism och slafveri nått sin yttersta gräns. Pyramiderna, som hvarken vitna om någon smak i afseende på formen eller någon synnerlig teknisk färdighet i utförandet och endast verka på åskådaren genom sin stora massa, utgöra ett talande bevis på den gränslösa sjelfviskheten hos dessa faraoner, som uppoffrade tusentals menniskors arbete endast för att tillfredsställa sin fåfänga.

Fulländade mekaniska hjelpmedel och arbetarens slafveri kunna ej i längden bestå bredvid hvarandra. I samma mån de förra utvecklas, frigöres arbetaren; från en under tungt kroppsarbete nedtryckt lastdragare förvandlas han till en tänkande menniska, som öfvervakar och leder maskinens arbete i stället för att sjelf utföra det. Den döda maskinens arbete blir snart billigare än den lefvande arbetarens, billigare än slafvens, och slafveriet blir omöjligt. Civilisation, det är hushållning med menniskans arbete eller dess användning så, att deraf erhålles den största möjliga afkastning; hvarje slöseri i detta afseende är en återgång till barbariet. Är det då möjligt att tänka sig ett större barbari än det att döma tusental, ja, tiotusental af menniskor till ett arbete, hvaraf hvarken de sjelfva, deras samtida eller efterkommande kunde ha någon fördel i andligt eller timligt hänseende!

De mekaniska hjelpmedel, som användes af pyramidernas uppbyggare, voro inga andra än de, som äfven vi känna, och till och med endast de allra enklaste af dessa.

I närheten af pyramiderna vid Gizeh finnas ännu lemningar efter den sluttande bank, på hvilken de i den östra bergskedjan brutna stenblocken fraktades upp på en 135 fot hög bergterrass. De egyptiska byggmästarna begagnade sig således här af det lutande planet. Vidare hade de linor, häfstänger och rullar, och till dessa enkla hjelpmedel samt några föga invecklade sammansättningar deraf inskränkte sig otvifvelaktigt deras medel för stenblockens transporterande från stenbrotten till bygnadsplatsen.

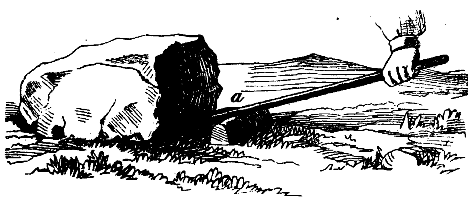


Fig. 34. Tvåarmad häfstång.

Alla de maskiner, med hvilkas tillhjelp de nämda märkvärdiga arbetena blifvit utförda, verka efter en och samma lag, nämligen lagen för häfstången, liksom skrufvens talrika användningar, dem vi i förra kapitlet genomgått, grunda sig på lagen för det lutande planet.

Häfstången. En häfstång är ingenting annat än en kring en fast punkt rörlig stång, som påverkas af två krafter, hvilka sträfva att vrida henne i motsatta riktningar omkring nämda punkt. Den ena af dessa krafter, den som sträfvar att åstadkomma rörelse, kalla vi rätt och slätt kraft, och den andra, som gör motstånd mot rörelsen, kalla vi last. Ändamålet med en teori för häfstången är att utröna, under hvilka förhållanden kraft och last hålla hvarandra i jemvigt. Det skenbart närmast till hands liggande svaret: då båda äro lika stora, är icke i ett fall af hundra riktigt; ty jemvigten beror icke endast på krafternas storlek, utan äfven på läget af de punkter, i hvilka de påverka häfstången, d. v. s. dessa punkters afstånd från den fasta punkt, kring hvilken häfstången kan vrida sig. De delar af häfstången, som ligga mellan denna punkt och angreppspunkterna, kallas häfstångens armar.

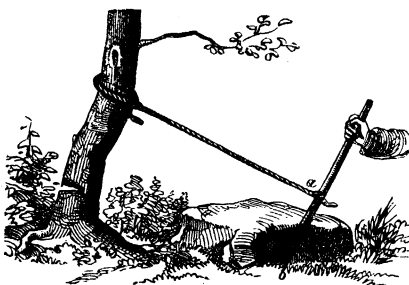


Fig. 35. Enarmad häfstång.

En arbetare vill upplyfta ena kanten af en sten ett stycke från marken; för detta ändamål sticker han ett jernspett under stenen och lägger en annan mindre sten eller en träkloss *a* (fig. 34) till stöd under spettet. Ju närmare detta stöd ligger intill stenkanten, d. v. s. ju närmare häfstångens stödjepunkt ligger lastens angreppspunkt, med desto mindre kraft utföres det åsyftade arbetet. En planka, som hvilar på en under hennes midt uppstäld bock, användes, som bekant, till gunga. Sätta sig två ungefär lika tunga personer en på hvardera ändan af plankan, är den minsta stöt

tillräcklig att sänka den ena ned till marken och upplyfta den andra. Men sätta sig två personer på plankans ena ända, förblir denna qvar vid marken och den andra hålles sväfvande i luften, så vida ej plankans läge på bocken ändras, så att denna senare kommer längre ifrån den ensamt sittande, hvars tyngd således kommer att verka på en längre häfstångsarm. Det blir då möjligt för den ena att väga upp de båda andra. Men hvad dessa genom

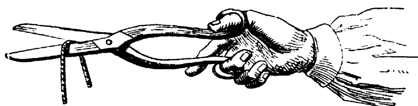


Fig. 36. Användning af den tvåarmade häfstången.

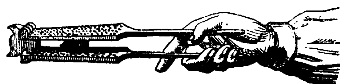


Fig. 37. Användning af den enarmade häfstången af första slaget.

denna anordning vinna i ett afseende, förlora de i ett annat, ty då de gungas af en enda, måste de i sin tur gunga honom dubbelt så högt.

Denna gunga är en häfstång, vid hvilken, liksom vid det på nyss nämda sätt använda jernspettet, kraftens och lastens angreppspunkter ligga på hvar sin sida om stödjepunkten. En dylik häfstång kallas tvåarmad till skilnad från en sådan, som visas i fig. 35, der kraften och lasten *(a)* verka på samma sida om stödjepunkten *(b)*, och hvilken derför kallas enarmad. Denna senare kan åter vara af olika beskaffenhet, allt efter som lastens eller kraftens angreppspunkt ligger närmast stödjepunkten. Fig. 36, 37 och 38 lemna ytterligare exempel på olika slags häfstänger. Skottkärran, åran m. fl. dylika inrättningar visa sig vid närmare granskning vara ingenting annat än enarmade häfstänger, vid hvilka lastens angreppspunkt ligger emellan kraften och stödjepunkten. Trampan till spinnrocken, symaskinen eller svarfstolen äro åter enarmade häfstänger, vid hvilka kraften verkar emellan lasten och stödjepunkten. Det vore lätt att uppräkna hundratals exempel ur det dagliga lifvet, som äro mer eller mindre enkla användningar af häfstången, men vi nöja oss med att hänvisa läsaren till den i vår titelvignett framstälda bilden, som visar de skenbart mest olika användningar af en och samma lag.



Fig. 38. Enarmad häfstång af andra slaget.

I sjelfva verket grunda sig alla häfstångens former på en mycket enkel lag, nämligen denna: de på en häfstång verkande krafterna hålla hvarandra i jemvigt, då produkten af hvarje krafts storlek med längden af dess häfstångsarm (d. v. s. af den linie, som från stödjepunkten drages vinkelrätt mot kraftens riktning) är för båda krafterna lika. Om således på häfstången AB (fig. 39) är upphängd en last om 6 skålpund på ett afstånd af 3 fot från stödjepunkten, och denna last skall hållas i jemvigt medelst en på andra sidan verkande kraft af 3 skålpund, måste denna anbringas på ett afstånd af 6 fot från stödjepunkten.

Det är härvid alldeles likgiltigt, om vi hafva en enarmad eller tvåarmad häfstång; ty en kraft af 3 skålpund kan hålla jemvigt mot den i a anbragta lasten om 6 skålpund, äfven om hon verkar på samma sida som denna (eller åt B till) och på 6 fots afstånd från stödjepunkten i b', men hon måste då verka i motsatt riktning.

Skall nu häfstången icke hållas i jemvigt, utan den verkande kraften åstadkomma en rörelse, måste naturligtvis å dess sida förefinnas ett öfverskott. Dervid kunna förekomma fall, liknande dem vi sett vid det lutande planet, kilen och skrufven, att en mindre kraft förmår sätta en större last i rörelse; men den väg, som den senare tillryggalägger, är då i samma mån mindre, som lasten är stor och den häfstångsarm, på hvilken hon verkar, liten.



Fig. 39. Lagen för häfstången.

Det sätt, hvarpå häfstången verkar, var redan kändt af Arkimedes, som också försökte på matematisk väg utfinna lagen derför. Detta lyckades emellertid ej fullkomligt hvarken honom eller dem, som närmast derefter syselsatte sig härmed. Det var först matematikern De la Hire, och oberoende af honom Kästner, som genomförde bevisningen med den noggranhet, som tillfredsställer vetenskapens fordringar. Först sedan regelbundenheten af hans verkningssätt och de matematiska grunderna derför äro utredda, kan historien syselsätta sig med en maskin, hvaraf, såsom med häfstången är fallet, hvart enda barn omedvetet begagnar sig. Först de mera sammansatta inrättningarna fordra en viss grad af eftertanke, och om de äfven nu synas oss så enkla, att hvar och en kan uppfinna dem, då han behöfver dem, tillägga dock ofta i folkens barndom sagan och myten någon viss framstående person eller någon gudomlighet äran af deras uppfinning.

Grekerna antogo, att konung Kinyras på Kypern, hvars regering infaller under trojanska kriget, uppfunnit häfstången. Troligen gjorde man dock i forntiden lika väl som nu omedvetet flera tillämpningar deraf. Det berättas om Arkimedes, att han visade konung Hieron ett verktyg, med hvars tillhjelp han medelst en enda tryckning af handen skulle kunna flytta ett stort skepp ur stället. Då konungen yttrade sin förvåning öfver denna underbara verkan, fälde Arkimedes det bekanta yttrandet: »gif mig en fast punkt utom jorden, och jag skall rubba henne ur sitt läge»

Huru vida han tänkte åstadkomma detta medelst tillämpning af häfstången, hvilken, så framt historien eljest är sann, låg till grund för hans maskin, lemna vi derhän.

Så mycket är visst, att nästan ingen kraftyttring kan frambringas, utan att dervid lagen för häfstången på ett eller annat vis träder i dagen. I allt, hvad vi göra, använda vi våra muskler, och dessa verka på våra fingrar, tår, händer, fötter, armar, ben och alla andra organ som krafter, hvilka anbringas än på en enarmad, än på en tvåarmad häfstång. Till och med in uti vårt öra öfverför en underbart fin och känslig häfstångsförbindning de ljudvibrationer, som träffat trumhinnan, till hörselvattnet, der hörselnerven slutar. Häfstången är en elementarmaskin, på hvilken de flesta andra maskiner grunda sig, och derför är äfven lagen för häfstången en af de vigtigaste i mekaniken.

Vi ha hittills antagit, att riktningen af de på en häfstång verkande krafterna äro vinkelräta mot häfstångsarmarna. Härvid är det fullkomligt likgiltigt, om häfstångens armar bilda en rät eller, såsom i fig. 40, en bruten linie. En dylik häfstång kallas en vinkelhäfstång. Är ej kraftens riktning vinkelrät mot häfstångsarmen, tjenar blott en del deraf att vrida häfstången, medan den andra delen sträfvar att förflytta häfstången parallelt med samma häfstångsarm. För att erhålla storleken af dessa båda delar behöfver man endast, med stöd af lagen om krafternas parallelogram, sönderdela kraften i tvenne, hvaraf den ena är vinkelrät mot och den andra parallel med häfstångsarmen.

Fig. 40. Vinkelhäfstång.

I den enklaste form, hvarunder häfstången förekommer i praktiken, verkar hon ej oafbrutet, utan mer eller mindre ryckvis. Man kan visserligen med henne öfvervinna ett stort motstånd eller förflytta en stor last, men blott ett litet stycke i sönder, och måste för hvar gång ge häfstången en ny stödjepunkt eller ock en ny angreppspunkt. Vid den s. k. domkraften sker detta på mångfaldigt olika sätt.

En dylik och troligen en af de äldsta sådana visar fig. 41. Tiden för hennes första uppträdande torde nu mera vara omöjlig att bestämma; hon omtalas redan af franska skriftställare från 1634 under namn af levier sans fin (häfstång utan ända) och beskrifves i ett tyskt arbete af 1651. En annan dylik inrättning, använd till stubbars uppbrytande och efter dess uppfinnare benämd Polhems häftyg, äfven svenska häftyget, visar fig. 42.

Fig. 41. Domkraft.

Man kan äfven göra häfstången oafbrutet verkande genom att anbringa henne på en roterande axel; hästvandringen, vindspelet m. fl. äro dylika häfstångsförbindningar; kaffeqvarnens vef utgör äfven en sådan oafbrutet verkande häfstång. Förser man en roterande axel med flera häfstänger i stället för med blott en, erhålles en anordning, som i praktiken fått en vidsträckt användning.

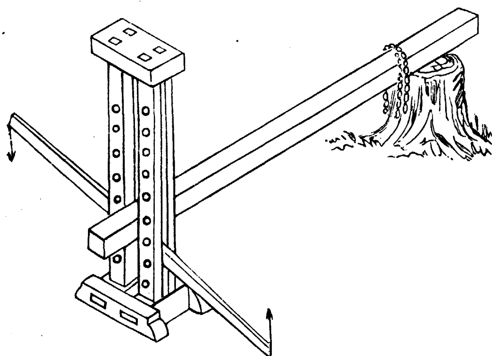


Fig. 42. Polhems häftyg.

Hjulet med valsen. Det förnämsta exemplet på en oafbrutet verkande häfstång utgöres af hjulet med valsen, som i sin enklaste form framställes i fig. 43 och 44. Det utgöres af en axel eller vals och en på den samma fäst skifva, hvilka tillsammans rotera kring valsens axeltappar. Kring skifvans omkrets är upplindad en vid den samma fäst lina, hvilken tjenar till angrepp för den verkande kraften. Vid valsen är likaledes fäst en lina, som uppbär lasten. Då den förra linan i följd af kraftens verkan lindas af skifvan, upplindas den senare kring valsen, hvarvid lasten upplyftes. I afseende på den drifvande kraftens verkan vid denna tillställning inträder alldeles samma förhållande, som om kraft och last verkade på en tvåarmad häfstång, hvars armar vore ab och bc (fig. 44). Skall den på en kring valsen upplindad lina hängande lasten W hållas i jemvigt medelst kraften p, som verkar i en kring hjulet eller skifvan upplindad lina, kan kraften vara så mycket mindre än lasten, som valsens radie är mindre än hjulets. Vore t. ex. ab 4 gånger så stor som bc, behöfde p endast vara $^1/_4$ af W för att åstadkomma jemvigt; vore kraften p större än $^1/_4$ af lasten W, förmådde hon icke blott hålla den senare i jemvigt, utan kunde äfven sätta henne i rörelse uppåt.

Fig. 43. Hjulet med valsen.

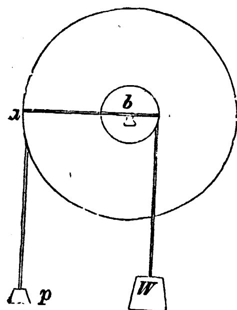


Fig. 44. Till teorin om hjulet med valsen.

Jemföra vi de linlängder, som, i händelse rörelse åstadkommits, blifvit aflindade på valsen, finna vi dem betydligt olika, så att lasten tillryggalagt en betydligt kortare väg än kraften. De särskilda linlängderna eller vägarna förhålla sig tydligen som valsens och hjulets radier eller, hvilket är det samma, omvändt om lastsen och kraften. Lagen för det förhållande, som eger rum mellan krafterna och de häfstångsarmar, på hvilka de

verka, kan derför vid de enkla maskinerna uttryckas sålunda: vid en enkel maskin är produkten af den verkande kraften och den af den samma tillryggalagda vägen lika med produkten af lasten och dess väg. Nu kallas i mekaniken den produkt, som erhålles, då en kraft multipliceras med det vägstycke, hon förflyttar sin angreppspunkt, för samma krafts arbete. Ofvan stående lag kan då äfven uttryckas sålunda: det arbete, den drifvande kraften utför, är lika med det arbete, lasten upptager. Om en vigt af 10 skålpund medelst den mekanism, som vi kalla hjulet med valsen, upplyftes af en vigt af 1 skålpund, måste den mindre vigten sjunka 10 fot eller från hjulet aflinda 10 fots linlängd, då den förra stiger 1 fot. En dylik regelbundenhet i afseende på förhållandet emellan den drifvande kraften och det motstånd, som skall öfvervinnas, förefinnes vid hvarje mekanisk tillställning. Men icke blott i häfstångens enkla mekanism, vid det lutande planet — ty äfven på detta eger samma lag tillämplighet — vid hjulet med valsen och, som vi snart skola få se, vid blockskifvan och blocktyget o. s. v. eger samma förhållande rum; samma lag utgör äfven en nyckel, som för oss öppnar hydraulikens område; ja, med denna lag i dess vidsträcktaste användning kunna vi göra oss hemmastadda öfver allt, der rörelse råder: musikens toner, som smeka vårt öra, och himlakropparnas lopp äro endast olika uttryck af en och samma regel.

Af detta skäl synes det oss lämpligt att med något större utförlighet redogöra för denna lag. Låtom oss t. ex. betrakta ett kompliceradt mekaniskt konstverk: ett ur, en automat eller dylikt. Kraften må här utvecklas genom värmet i en ångpannas eldstad eller utgå från en spiralfjäders elasticitet, rörelsen må genom talrika i hvarandra gripande maskindelar förändras från rätlinig till roterande eller tvärtom, skall dock den nämda lagen ej upphöra att vara gällande, och der förhållandet någon gång synes vara ett motsatt, härleder sig detta endast från bristande noggranhet i våra observationer.

Kolfven i ett fartygs ångmaskin har en rätlinig, fram- och återgående rörelse, men det af den samma drifna fartyget går, likt en förnuftig varelse, mellan klippor och sandbankar sin säkra väg: rodret är ingenting annat än en häfstång.

På verldsutställningen i London 1862 såg man en maskin, hvarmed man kunde mäta afstånd så små, att de endast upptogo milliondelen af en tum. Maskinen, hvars konstruktör hette Peters, var förfärdigad för att kunna utföra mikroskopisk skrift, som företrädesvis användes vid tillverkningen af sedlar och andra värdepapper. Denna maskins konstruktion grundade sig hufvudsakligen på en så enkel maskin som häfstången, och dock var hans arbete så ytterst fint, att med ett af den samma fördt stift hela bibeln kunde skrifvas 35 gånger på en papperslapp af en qvadrattums yta. I mekaniska verkstäder drifvas ofta borrmaskiner, hyfvelmaskiner, plåtsaxar, svarfvar, pumpar, hammare, uppfordringsverk, kort sagdt hvar enda tillställning, som erfordrar rörelse, af en enda turbin eller ångmaskin, och alla dessa oräkneliga och olika rörelser och arbeten åstadkommas medelst mer eller mindre sinnrika kombinationer

af häfstänger, hvilka förekomma än i sin enklaste form såsom stänger, än såsom remskifvor, kugghjul, excenterskifvor o. s. v. Två i hvarandra gripande kugghjul äro endast en förändring och utveckling af hjulet med valsen, och samma lag för kraftens och hastighetens förändring gäller för båda. Tänka vi oss den i fig. 45 framstälda kugghjulsutvexlingen så anordnad, att de större kugghjulen hafva 48 och de mindre 8 tänder hvartdera, samt att kraften verkar direkt på hjulet längst till venster, gör tydligen det mellersta hjulet 6 hvarf, då det förstnämda gör ett; det stora hjulet till höger åter gör 6 hvarf, då det mellersta gör ett, eller 36 hvarf, då hjulet till venster gör ett; men det sista af de små kugghjulen gör 216 hvarf på samma tid, som det stora hjulet till venster går omkring ett hvarf. Fig. 46 visar den redan förut omnämda kombinationen mellan en skruf och ett kugghjul eller en s. k. skruf utan ända. Om nämligen skrufven medelst den dervid fästa vefven kringvrides, gripa hans gängor mellan kugghjulets tänder, och för hvarje hvarf skrufven gör, framskrufvas hjulet en delning. På detta sätt kan åt hjulet meddelas en utomordentligt långsam och likformig rörelse. Tydligen är det äfven möjligt att medelst en på vefven verkande jemförelsevis obetydlig kraft hålla jemvigt med en stor, på hjulet eller dess axel anbragt last. Då en betydande tyngd skall på detta sätt lyftas, blir dock friktionen mellan skrufven och hjultänderna så betydlig, att man hellre tillgriper andra utvägar och använder skrufven utan ända blott då, när det är fråga om att förvandla en roterande rörelse till en annan vida långsammare, utan afseende på om en större eller mindre del af det för skrufvens kringvridning erforderliga arbetet upptages af friktionen eller icke.

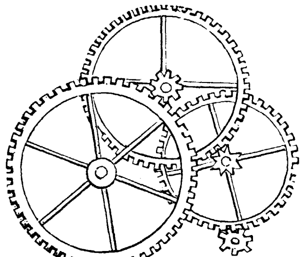


Fig. 45. Kugghjulsutvexling.

Friktionen spelar vid alla dessa maskiner och öfver allt i naturen, der rörelse råder, en så betydande rol, att vi ej kunna undgå att här något utförligare redogöra för den samma. Hon är ett motstånd, som hvarje i rörelse satt kropp måste öfvervinna; men det oaktadt är hon dock nödvändig för de jordiska förhållandenas bestånd. Om friktionen vore borta, skulle ingen knut mera hålla, ty att ett bands båda ändar låta sammanknyta sig, beror på den friktion, som de utöfva mot hvarandra. Och hvad är väl nätet, som fiskaren binder, eller strumpan, som våra sinnrika väfstolar tillverka, annat än ett enda system af knutar? Vore ej friktionen, skulle broderi- och virkkonsten åstadkomma ganska bristfälliga alster; filtade tyg vore då alls icke möjliga, så framt man ej ville limma ihop dem, och sjelfva väfnaden skulle förlora sin täthet. Ingen spik, ingen skruf skulle fastna; synålar vore icke uppfunna, ty deras användning grundar sig blott på friktionen. Genom friktionen erhålla vi fäste för våra fötter, då vi gå; utan henne skulle vi

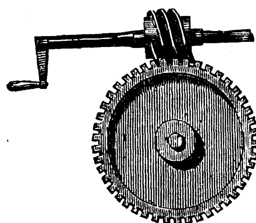


Fig. 46. Skruf utan ända.

ha svårare att förflytta oss på marken, än om vi under nu varande förhållanden ginge på en med olja bestruken spegelskifva. På hvarje lutande yta skulle vi halka, och på en horisontal skulle vi röra oss med större svårighet, än vi nu gå på den halaste is. Ett lokomotiv skulle ej ens olastadt kunna öfvervinna den minsta stigning, ännu mindre fortskaffa någon last uppför en sådan. Man vet ju, att lokomotivets hjul vrida sig omkring utan att komma från stället, om skenorna äro islupna eller genom någon annan tillfällighet den vanliga friktionen blifvit minskad, och häruti ligger förnämsta orsaken, hvarför man gör lokomotiven så tunga, emedan man ej vågar låta den för hjulens framåtgående nödvändiga friktionen understiga en viss grad.

Det är friktionen, som gör, att vår jord erbjuder oss anblicken af en fruktbar, grönskande yta. Ty genom henne blifva grus, småsten och lemningar af förvittrade klippstycken qvarliggande äfven på en sluttande mark, så att der kan bilda sig en fruktbar jordmån, hvari det organiska lifvet utvecklar sig. Funnes ej friktionen, skulle vid den obetydligaste afvikelse från horisontalplanet allting, äfven det minsta stoftkorn, glida nedåt, ända tills någon kant eller dylikt hinder åstadkomme en uppdämning af den glidande massan. Allt löst skulle erhålla samma rörlighet som en strömmande vattenmassa, hvilken allt jemt sträfvar mot djupet. På detta sätt skulle jordytan endast förete kala sluttande ytor med trappformigt öfver hvarandra uppstigande horisontala afsatser, på hvilka möjligen djur- och växtlifvet skulle kunna utveckla sig, så vida ej sådant hindrades af någon ny aflagring, och så vida vattnets fördelning, hvilken naturligtvis vore en helt annan än nu, medgåfve det. Floder och bäckar, som vi nu se flyta fram öfver våra fält, skulle då ej finnas; inom en jemförelsevis kort tid skulle regndropparna, som nedfalla på de högsta bergen, ha uppnått de i dalbottnarna bildade sjöarna. Att tänka sig alla de följder, som skulle uppstå, om friktionen upphörde, vore det samma som att sönderrifva vår naturs bok blad för blad.

I de flesta fall kan man tänka sig friktionen sålunda, att de små ojemnheter, som alltid förekomma på kroppars ytor, gripa in i hvarandra, då en kropp genom tyngdkraften eller af någon annan orsak pressas emot en annan, och sålunda hindra ytorna att glida emot hvarandra. Antingen måste dervid ojemnheterna utjemnas eller ock den glidande kroppen, så att säga, upplyftas öfver dem. Ju större derför trycket eller tyngden är, desto märkbarare blir detta motstånd. Genom smörjning utfyllas de fördjupningar, som förefinnas äfven i den bäst polerade yta, hvilken derigenom blir mera glatt, hvarigenom glidningen finner mindre motstånd. De mot hvarandra glidande ytornas storlek har intet inflytande på friktionen.

Friktionen är olika mellan olika kroppar. Så t. ex. glider, som vi veta, en släde vida lättare på is än på en gatas stenläggning, hvaraf vi kunna sluta, att friktionen mellan jern och is är mindre än mellan jern och sten o. s. v. Men dervid eger alltid ett bestämdt förhållande rum mellan den kraft, som erfordras att förflytta en last på en horisontal yta, och lastens vigt, eller, hvad som är det samma, kraften är proportionel mot lastens stor-

lek. Detta oföränderliga förhållande kallas friktionskoefficient. För jern mot jern är han t. ex. 0,277, d. v. s. för att på ett horisontalt underlag af jern framskjuta en last, hvars friktionsyta äfven består af jern, behöfs så mycken kraft, som erfordras för att lyfta 0,277 af lasten ett lika långt stycke uppåt. Ek mot furu har en friktionskoefficient af 0,667. Den s. k. rullfriktionen, som uppstår, då kroppen rullar på underlaget, är betydligt mindre, emedan de små ojemnheterna här ej behöfva afnötas, ej heller kroppen upplyftas öfver dem, utan liksom kuggarna i två hjul gripa de uti hvarandra och skiljas åt igen genom kroppens egen rotation.

Luft och vatten göra motstånd mot de kroppar, som röra sig deri, emedan dessa ämnen dervid rubbas i sitt sammanhang och undanskjutas; det är till och med icke osannolikt, att den i verldsrymden utbredda, utomordentligt fina etern utöfvar ett likartadt inflytande på de dunstlika kometernas banor och hastighet.

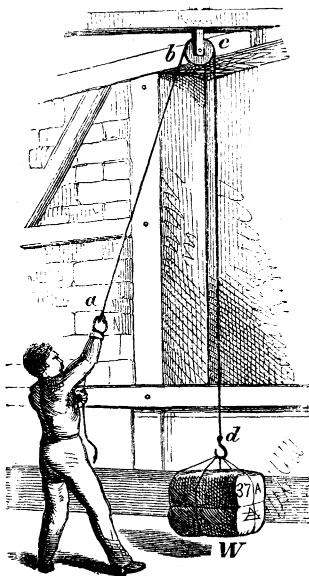


Fig. 47. Fast block.

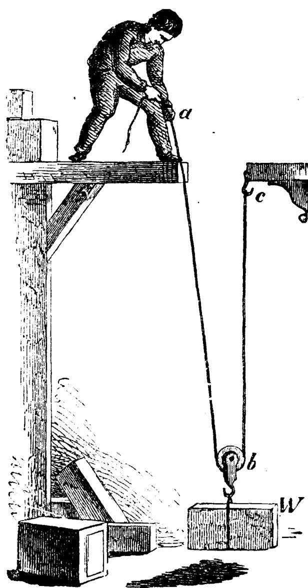


Fig. 48. Löst block.

Blockskifvan och **blocktyget** äro de nästa exempel, som möta oss, på användningen af den här ofvan omnämda, så fruktbara lagen. Blockskifvan är en cirkelrund skifva, rörlig kring en i hennes medelpunkt insatt axel. Denna axel kan vara antingen fast förbunden med skifvan så, att båda samtidigt vrida sig i derför afsedda lager, eller ock går skifvan lös på sin axel, hvilken således ej deltager i hennes rotation. Blockskifvan i sin enklaste form, då hon med sin axel och tillhörande lager är fäst vid något orubbligt föremål, tjenar till att förändra en krafts riktning till den för tillfället mest fördelaktiga. Med tillhjelp af ett dylikt fast block och en deröfver löpande lina kan en arbetare vida beqvämare upphissa en tyngd, t. ex. från marken till andra

våningen af ett magasin, än om han skulle bära tyngden uppför en stege till samma höjd. Blockskifvan är i sin omkrets försedd med ett spår för att styra den öfver henne löpande linan. Om tyngden *W*, fig. 47, skall upplyftas från *d* till *c*, måste tydligen hela linlängden *dc* passera öfver blockskifvan och en lika stor linlängd af den i *a* verkande kraften inhalas. Kraftens väg är här lika med lastens, och följaktligen äro äfven kraften och lasten lika stora. Vid det fasta blocket är således kraften lika stor med den last, hon håller i jemvigt. Helt annat är förhållandet med det rörliga blocket: det är ej fast förbundet med en orörlig upphängningspunkt, utan med lasten (fig. 48). Linan är fastgjord vid *c*; hennes andra ända *a* påverkas af kraften, här representerad af en arbetare. Då lasten är upplyft ända till *a*, har arbetaren tydligt halat in hela linlängden *abc*. Kraften har således tillryggalagt ett dubbelt så långt vägstycke som lasten. Häraf följer, att vid det lösa blocket den kraft, som erfordras för att hålla jemvigt med en viss last, endast behöfver vara hälften så stor som denna senare; men hon får i stället tillryggalägga ett dubbelt så långt vägstycke eller röra sig med en dubbelt så stor hastighet som lasten. Om de båda linparterna ej äro parallela, utan göra en vinkel med hvarandra, ändrar sig af lätt insedda skäl detta förhållande så, att den använda kraften måste vara större, i samma mån den nämda vinkeln blir större.

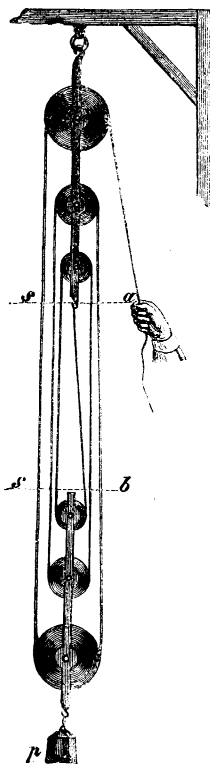
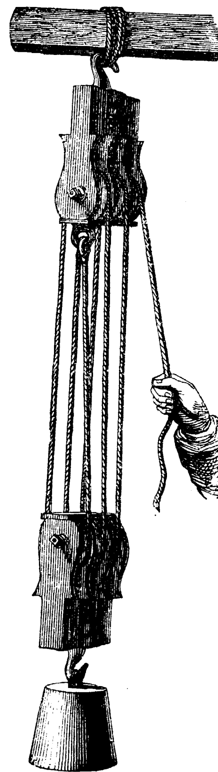


Fig. 49. Blocktyg med tre fasta och tre rörliga block.


Fig. 50. Blocktyg med ett fast och ett rörligt blockhus.

Genom lämplig kombination mellan fasta och rörliga block kan kraften stegras till nästan hvilket belopp som helst. Dylika kombinationer utgöras af s. k. blocktyg. En förening af två eller flera blockskifvor till ett gemensamt helt kallas ett blockhus. Fig. 49 visar en af de enklaste formerna af ett blocktyg, bestående af tre fasta och tre rörliga block. De rörliga, sins emellan förenade blocken fästas vid lasten och röra sig på samma gång och med samma hastighet som denna. Om lasten höjes så mycket som från *b* till *a*, måste, såsom af figuren tydligen synes, genom den drifvande kraftens verkan inhalas en linlängd lika med längden af de sex linparterna, som ligga mellan de punkterade linierna

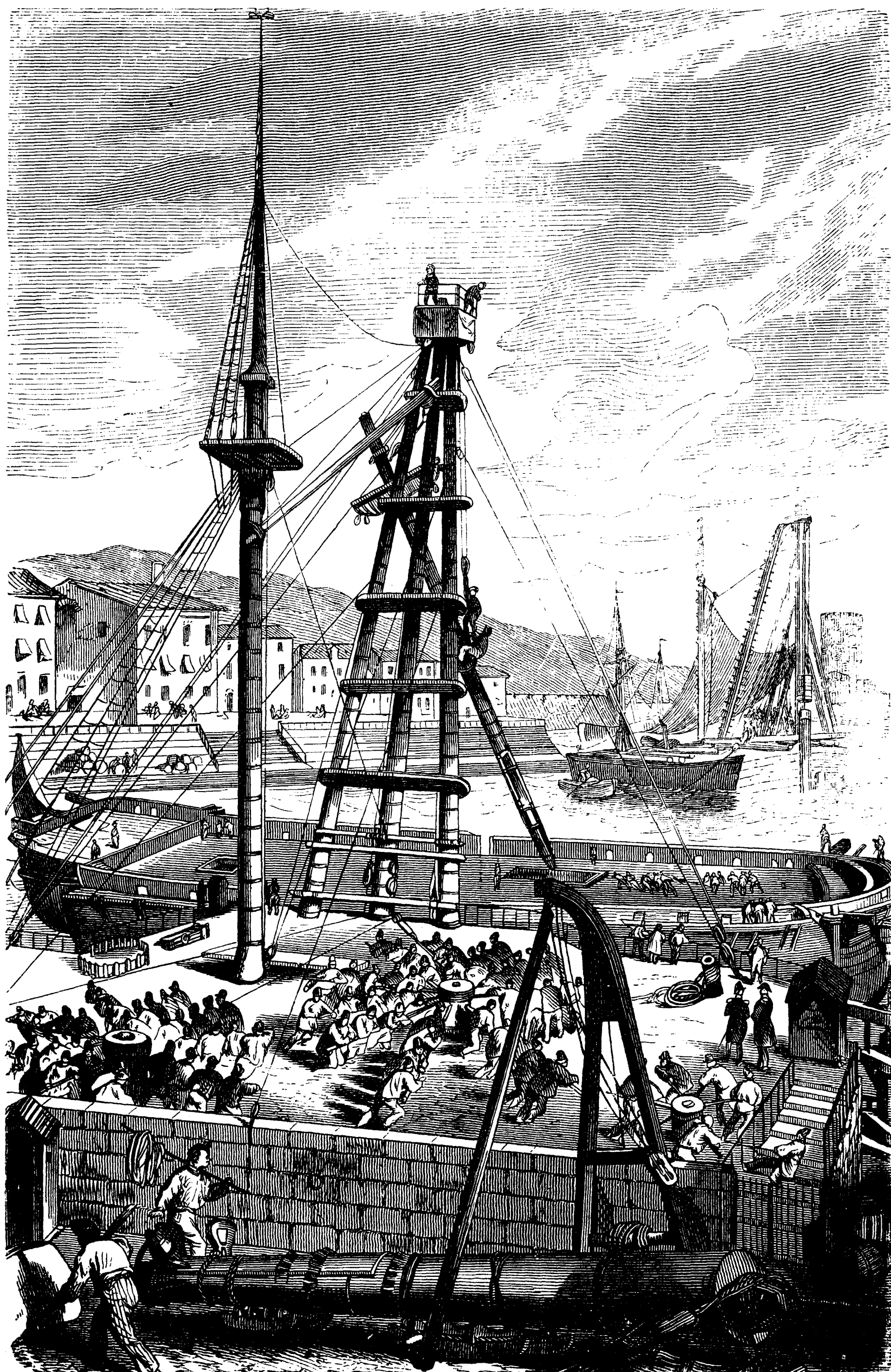


Fig. 51. I Brests hamn.

sa och *sb*, det vill med andra ord säga: kraften måste tillryggalägga ett sex gånger större vägstycke än lasten, och enligt den förut omnämda lagen kan således kraften vara en sjettedel af lasten. En annan anordning af blocktyget, men som för öfrigt verkar på samma sätt som det förra, visar fig. 50.

Härmed ha vi framstält några af mekanikens grundsanningar i deras enklaste samband med hvarandra. Några andra tillställningar för mekaniska krafters omsättning och anordning än de nu nämda och sådana, som med dem stå i det allra närmaste samband; kände man i den gamla tiden icke. Ja, många af de mest storartade bygnadsverk från denna tid äro troligen utförda utan tillhjelp af blocket, hvars uppfinning tillskrifves Arkimedes. Den nyare mekaniken har i afseende på de enkla maskinerna ingenting tillagt, utan endast ökat deras användning och utredt lagarna för deras verkningssätt. Ända till långt in i förra århundradet syselsatte tanken på ett perpetuum mobile mången mekaniker (och ännu i dag förspörjes ett och annat försök i denna riktning), och framställningen af mekaniska konstverk, automater, som härmade lefvande varelsers rörelser, o. d. ansågs som särdeles nyttig, emedan man hoppades på denna väg ej blott kunna förändra en kraft i afseende på hennes storlek och riktning utan någon förlust, utan till och med öka hennes effekt så, att man med ett jemförelsevis litet arbete skulle kunna medelst mekaniska tillställningar utföra ett huru stort arbete som helst. Ett närmare studium af lagarna för häfstången har emellertid lärt oss, att produkten af en krafts storlek och det vägstycke, hon förflyttar sin angreppspunkt, eller hennes arbete, i intet fall kan ökas, hvilka tillställningar än må göras för att förvandla hennes storlek och riktning. Ett mekaniskt perpetuum mobile är sålunda en orimlighet. En krafts mekaniska arbete kan ej genom en häfstångsförbindning eller utvexling eller annan tillställning ökas och kan, strängt taget, ej heller minskas. Man säger visserligen, att arbete förloras i följd af friktion, men detta är blott ett talesätt, liksom när vi säga, att svafvel försvinner, då det brinner upp. Som bekant är, försvinner svaflet icke, det öfvergår blott i en annan form, ur hvilken det å nyo kan framställas som svafvel. På samma sätt förintas ej heller det mekaniska arbetet genom friktionen, det öfvergår endast i en annan form, och denna form kalla vi värme, och från värme kan det, som vi sett, å nyo förvandlas till mekaniskt arbete.

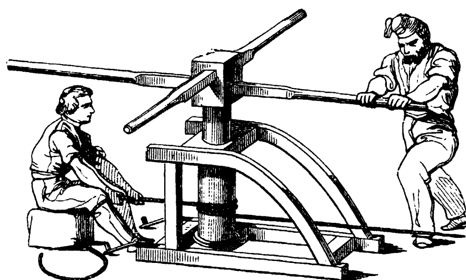
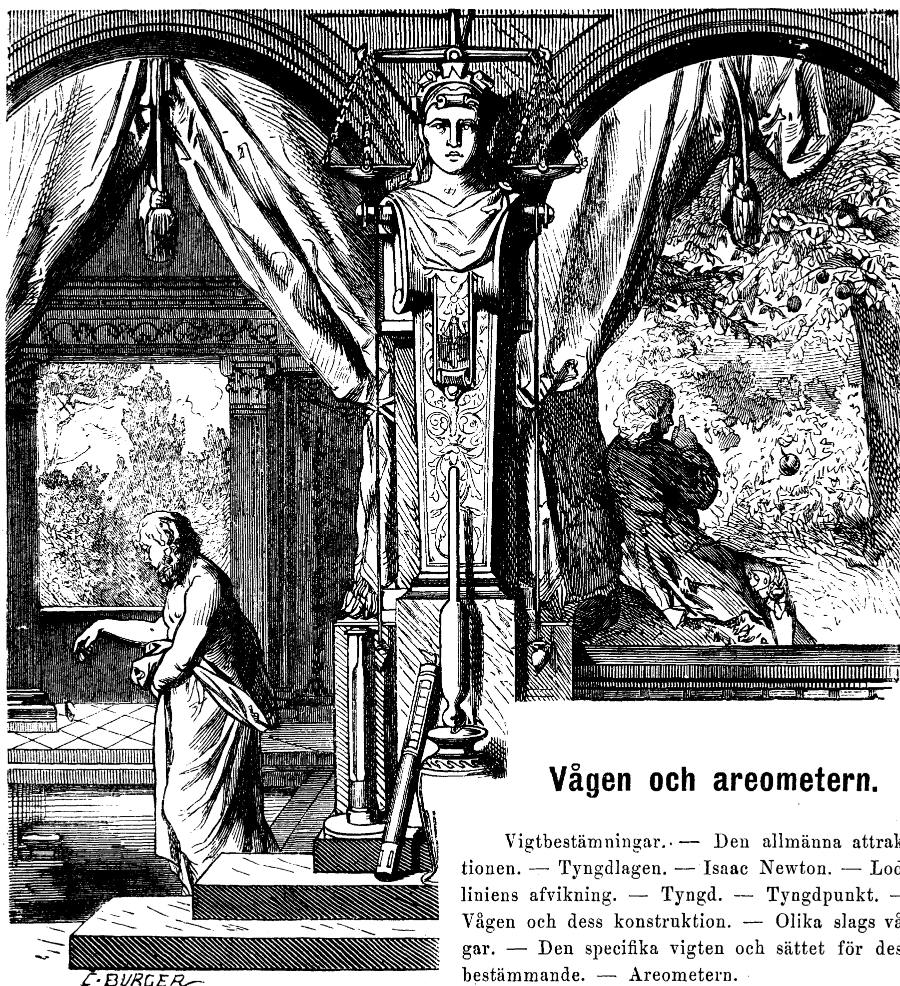


Fig. 52. Vindspel för handkraft med upprättstående axel.



Vågen och areometern.

Vigtbestämningar. — Den allmänna attraktionen. — Tyngdlagen. — Isaac Newton. — Lodliniens afvikning. — Tyngd. — Tyngdpunkt. — Vågen och dess konstruktion. — Olika slags vågar. — Den specifika vigten och sättet för dess bestämmande. — Areometern.

Naturvetenskaperna, som under de två senaste århundradena mäktigare än något annat medel bidragit till mensklighetens utveckling, ha för sina storartade framsteg till ej ringa del att tacka användandet af riktiga måttsystem. Naturforskningen har vunnit sina triumfer, icke genom inspirationen och fantasins berusande bilder eller någon synnerlig rikedom på medel, utan genom det kloka begagnandet af tumstock och passare, vågskål och vigter. Det är endast på riktiga vinkelmätningar, som astronomen grundar sina underbara beräkningar; fysikern uppmäter ej blott ljusstrålens långa väg under en sekund, 29 000 mil, utan bestämmer äfven medelst sina ytterst fina apparater de allra minsta afstånd; han mäter ljusvågornas längd och skilnader dem emellan, som knapt uppgå till hundratusendelar af en tum.

Kemisten väger den luft, du inandas; han väger henne åter, sedan du utandats henne, och säger, huru mycket du under tiden förbrukat till lifvets underhållande. Huru mycket syre innehålles i en rostfläck på en jern- eller stålyta, visar hans våg. Genom detta verktygs fullkomnande och ändamålsenliga användning har han gifvit dödsstöten åt de gamla förvända teorierna.

Tyngden. Det är en allmän egenskap hos kropparna, icke blott de jordiska, utan, enligt hvad otaliga, noggranna observationer gifva vid handen, äfven de utom vår jord befintliga, att atomerna eller de minsta delarna af en kropps massa ömsesidigt draga hvarandra till sig. Denna sträfvan, som närmar atomerna till hvarandra, vidmakthåller de fasta kropparnas form och är orsaken till den klotformiga gestalt, vi kunna iakttaga hos hvarje droppe, i hvilken smådelarna kunna fritt intaga sitt läge. Ty då dragningskraften eller attraktionen här är lika åt alla sidor, måste naturligtvis smådelarna ordna sig omkring den punkt, mot hvilken vi kunna tänka oss resultanten af de särskilda krafterna riktad. Denna punkt blir medelpunkt för det blifvande klotet.

Liksom troligen alla verldskroppar, har vår jord under loppet af sin bildning haft att genomgå en period, då hon i flytande tillstånd som en glödande massa rörde sig framåt i rymden. Från denna tid härleder sig hennes klotform.

Den attraktion, som utöfvas af hennes massas minsta delar, verkar derför äfven som en mäktig resultant från medelpunkten. Vi kalla denna attraktion tyngdkraft eller tyngd. Hvarje kropp i verldsrymden är underkastad denna kraft, på samma gång han sjelf utöfvar henne i afseende på andra. Tyngden är en egenskap, som ej kan skiljas från materien. Dess inflytande yttrar sig på det första lifsfröet och upphör ej under hela dess utveckling. Långt utom den jordiska tillvarons gränser utöfvade attraktionen sin verksamhet vid verldskropparnas daning och utstakandet af deras banor, och samma verksamhet håller fortfarande det hela vid makt. När attraktionen upphör, när materien förlorar denna sammanhållande kraft, då inträder allmän död och likformighet i verlden, då finnes ingenting annat än rum och tid, gränslöshet och evighet.

Liksom barnet eller vilden märker omvexlingen af dag och natt utan att reflektera deröfver, lika så hade menniskorna ända till det 17:e århundradet i alla de företeelser, som tyngdkraften åstadkom, ännu ej funnit någon anledning att forska efter deras allmänna orsak. Väl hade redan i 15:e århundradet Vincent från Beauvais påstått, att om man kunde gräfva ett schakt genom jordens medelpunkt ända till den andra hemisferens yta, skulle en nedkastad sten stanna vid medelpunkten och ej kunna fortsätta sitt fall till antipoderna; men det var först Newton, som fullt utredde den lag, efter hvilken tyngdkraften verkar. Han tog till utgångspunkt företeelsen af det bredvid honom nedfallande äplet och gick med sina slutledningar allt längre och längre tillbaka, ända till dess han, först ibland alla dödliga, framträngt till den yttersta orsaken, tyngdkraften eller den allmänna

attraktionen. Väl hade redan Galilei genom de ovederläggliga resultaten af sina undersökningar om fritt fallande kroppar gifvit dödsstöten åt tron på Aristoteles' läror, men Newton nedbröt fullkomligt den gamla murkna byggnaden. Med sin store föregångare delar han alltså äran att hafva grundat den nyare matematiska fysiken.

Isaac Newton föddes i Woolsthorpe i Lincolnshire juldagen 1642 (gamla stilen). Sin matematiska bildning erhöll han vid universitetet i Cambridge, dit han kom, då han var 18 år gammal, och der den lärde Barrow antog sig honom. Redan vid denna tid lär han ha uppfunnit differential- och integralräkningen, och kort derpå, då pesten föranledde honom att en tid vistas på landet vid Woolsthorpe, upptäckte han, 1665, lagen för den allmänna attraktionen, hvilken på jorden tydligast uppträder som tyngdkraft. Derpå följde undersökningen om det ofärgade solljusets sönderdelning i de prismatiska färgerna, och då han 1669 besteg Barrows lärostol, hade han redan skänkt verlden tre af de största ideer, som någonsin blifvit framställda. Vi kunna dock här ej gifva någon utförlig lefnadsteckning af den store mannen, hvars lif dessutom var mindre rikt på minnesvärda händelser än på betydelsefulla arbeten; vi måste nöja oss med att med några ord ha erinrat om en af de ädlaste män, som gjort sig förtjenta af efterverldens tacksamhet. Newton dog vid hög ålder den 20 mars 1727 (gamla stilen), sedan han under den sista tiden af sitt lif helt och hållet afhållit sig från vetenskapliga arbeten. Han har dock lemnat efter sig verk, hvartill hela generationer af medelmåttor ej förmå åstadkomma något motsvarande.

Genom att jemföra sina slutsatser med Keplers lagar fann Newton, att det sätt, hvarpå planeterna röra sig, bestämmes af solens attraktion. Han fann dessutom, att attraktionen aftager, då afståndet mellan de hvarandra attraherande kropparna ökas. För en vanlig betraktare är den skilnad, som afståndet förorsakar, knapt märkbar, men för astronomerna visar han sig i de rubbningar, som åstadkommas genom stjernornas närmande till hvarandra, äfvensom genom jordens närmande till andra planeter.

Dessa rubbningar genom massornas ömsesidiga attraktion af hvarandra yttra sig i himlakropparnas afvikelser från sina banor och ökad eller minskad hastighet. Genom observationer häraf upptäckte man planeten Neptunus, ja, beräknade till och med hans storlek och plats på himmeln, innan något menskligt öga ännu sett honom.

Attraktionens styrka är omvändt proportionel mot qvadraten på afståndet, så att om afståndet mellan två hvarandra attraherande massor blir dubbelt så stort, blir attraktionen blott en fjerdedel af hvad hon förut var.

Tyngdkraftens riktning mot jordens medelpunkt angifves af det fritt hängande sänklodet. I följd af jordytans storlek och omärkliga bugtighet förefalla oss lodlinierna parallela med hvarandra, om de ej afvika allt för mycket; men vid noggranna observationer märker man det inflytande, som ojemnheterna på ytan utöfva på tyngdkraftens riktning. Då kropparna utöfva en ömsesidig attraktion, sträfva de ock att närma sig hvarandra. Den

fallande regndroppen attraherar jorden lika väl som jorden honom. Den ofantliga massan hos vår planet förmår dock sätta det lilla vattenklotet i rörelse, men ej tvärtom, och deraf kommer, att jorden drager till sig alla mindre kroppar på sin yta, under det hon sjelf ej mottar något märkbart inflytande från de på alla sidor verkande mindre attraktionerna. Endast stora, enstaka liggande berg, som från en sida kunna med sin massa verka på sänklodet, åstadkomma någon märkbar afvikelse i dess riktning; men det fordras dock den största noggranhet för att kunna bestämma afvikningens storlek.

I den fysiska geografin har berget Shehalien i Skotland blifvit märkvärdigt derigenom, att man lyckats uppmäta dess inverkan på lodliniens afvikning och derefter bestämma jordens vigt. Ty derigenom, att man sattes i stånd att noga beräkna volymen hos detta regelbundna berg och undersöka dess täthet, som hela bergets massa igenom är likformig, kunde man bestämma dess vigt i centner och skålpund. Vidare fann man genom det märkbara inflytandet på lodliniens riktning förhållandet emellan de båda attraherande massorna: berget och jorden, så att jordens vigt slutligen kunde uträknas genom ett enkelt regula de tri-exempel.

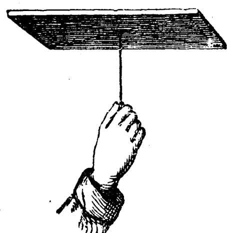

Fig. 54. Sänklodet.

Solen, hvars vigt är 355 000 gånger större än jordens, utöfvar sålunda på alla kroppar en ofantligt större attraktion. Tyngden är på solens yta 28 gånger större än hos oss. För att der upplyfta en silfverspecie skulle följaktligen erfordras en kraft lika stor som den, hvarmed vi på jorden upplyfta 2,24 skålpund. I fall organiska varelser lefde på denna stora himlakropp, måste de sålunda vara helt annorlunda skapade än vi. En last af 5000 skålpund skulle här krossa den starkaste karl; på solen deremot skulle hvarje någorlunda storväxt menniska i sin egen kropp bära på en sådan tyngd. Den, som ej vore i stånd att vid hvarje steg upplyfta mer än 600 skålpund, skulle ej kunna gå. På månen deremot skulle gåendet äfven för den allra svagaste menniska vara en lätt dans, emedan denna drabants ringa massa gör, att tyngden der knapt är en sjettedel så stor som på jorden.

Tyngdpunkten. Liksom vi förestält oss resultanten af alla de från jorden utgående attraktionerna verkande från en enda punkt, på samma sätt kunna vi äfven tänka oss förhållandet med hvarje annan kropp. Vi kalla denna punkt tyngdpunkt. Hos alla regelbundet formade kroppar med likartade beståndsdelar ligger han i den egentliga medelpunkten, hvilken lätt kan finnas på matematisk väg (fig. 55). Hos sammansatta, oregelbundna

kroppar eller sådana, hvilkas delar äro olika täta, kan han bestämmas genom försök. Man upphänger för detta ändamål kroppen i ett snöre, då han intar ett sådant läge, att tyngdpunkten kommer att ligga lodrätt under upphängningspunkten. Upphänger man åter kroppen i en annan punkt, får man en andra riktningslinie, och den punkt, der dessa båda linier skära hvarandra, är sjelfva tyngdpunkten.

Stabilitet. Gossen, som låter en käpp balansera på fingerspetsen, understöder käppens tyngdpunkt. Dennas svigtande rörelser bevisa emellertid, att stödet är temligen otillräckligt, emedan den ringaste stöt, ett luftdrag eller dylikt, förorsakar ett fallande. Menniskan har lättare att hålla kroppen i jemvigt, då hon uppbär dess tyngd på två fötter än på en; men att äfven två stödjepunkter icke alltid äro tillräckliga, märka vi, då vi sätta styltor under våra fötter; derigenom höjes kroppens tyngdpunkt, och tillika gör styltornas mindre stödyta ståendet osäkrare, så att vi endast genom ett fortsatt balanserande under gåendet kunna hålla oss upprätt. För att hålla en kropp i säker jemvigt måste vi minst understöda honom i tre punkter, så belägna, att en genom kroppens tyngdpunkt dragen lodlinie faller emellan dem.


Fig. 55. Tyngdkraftens understödande hos en regelbunden fyrsiding.

Tre stödjepunkter gifva en kropp samma säkra läge, som hade han en trekantig grundyta, bestämd af dessa punkter.

Hvem har ej hört talas om de lutande tornen i Pisa och Bologna, dessa märkvärdiga bygnader, dem man velat anse som besynnerliga nycker, utförda i sten af medeltidens arkitekter, hvilka lekte med tyngdkraften, innan verlden hade någon insigt i dess rätta väsen. Fig. 56 ger oss en afbildning af de båda bologniska tornen, af hvilka det mindre, uppkalladt efter sin byggmästare, Garisenda (1112), har en höjd af omkring 135 fot och omkring 7 fots afvikning från lodlinien, medan det större, Asinelli, 286,2 fot högt, afviker med 3,5 fot. Att döma af deras bygnadssätt, kunna vi likväl antaga, att lutningen hos dessa torn, liksom hos deras af sju våningar bestående och 162 fot höga medtäflare i Pisa, härleder sig, ej från arkitektens ursprungliga afsigt, utan från grundens sjunkning.

Tornen skulle kunna luta ännu mycket mera, innan de vore i fara att falla. En vagn (fig. 57) kan stå mycket högre med det ena hjulet än med det andra utan att falla; detta inträffar först, när tyngdlinien faller utom den genom hjulen begränsade ytan.

Vigt och våg. Tyngdkraften, som drager rörliga kroppar mot jordens medelpunkt och sålunda bringar dem att falla, verkar äfven på de hvilande. En sten, som nyss föll från ett torn, är ej derigenom, att han nu hvilar på marken, undandragen denna kraft; tvärtom påverkas han deraf med samma styrka, men denna yttrar sig endast genom kroppens tryck mot underlaget, som uppbär honom. Detta tryck kalla vi kroppens vigt.

Vigten är mycket olika hos olika kroppar, ty då hon är lika med summan af de attraktionskrafter, hvaraf atomerna påverkas, måste hon vara större, ju större atomernas antal är.

Dessa förhållanden ha redan i äldsta tider gifvit anledning till att begagna kropparnas vigt som måttstock för bedömande af deras massa och till försök att utfinna instrument och metoder för att bestämma denna vigt. Den apparat, som begagnas härtill, kallas våg. Hvem vågens förste uppfinnare var, är svårt att säga. Hon framträder i sin enklaste form liksom af sig sjelf, då hon af behofvet påkallas, så att användandet af hennes princip snarare är att anse som ett resultat af det allmänna bildningstillståndet, af vidsträcktare handelsförbindelser än som en enda persons lyckliga ide. Grekerna uppgifva dock Fidon som vigternas uppfinnare; Gellius nämner Palamedes och kineserna Hiene-Juene.

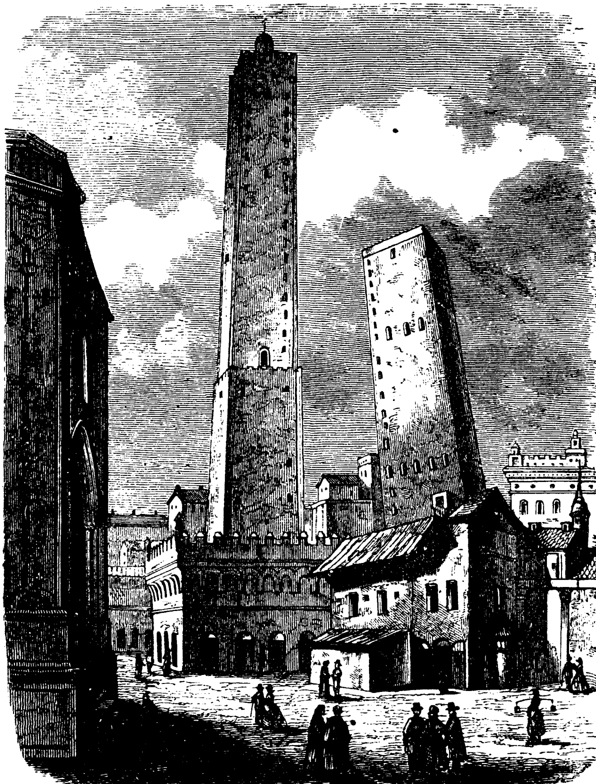
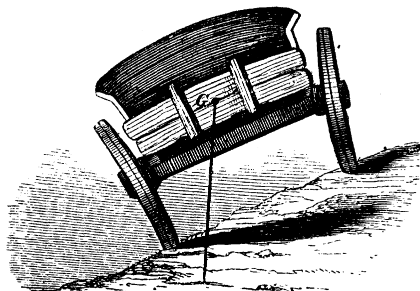


Fig. 56. De lutande tornen i Bologna.

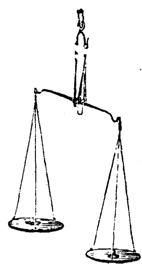
Då allt slags handel nödvändigt förutsätter mätning och vägning, ha många velat tillskrifva det äldsta handelsfolket, fenicerna, vågens uppfinning. I bibeln finna vi, att redan Abraham vägde silfret, och Moses omnämner flera slags mått och vigt. I Jobs bok talas om vågskålar, och om vi kunde skaffa oss en våg från hvarje tid, skulle vi sannolikt mellan dessa och de nu brukliga finna föga skilnad. I Iliaden förekomma flera ställen, som bevisa, att på Homeros' tid vågen var ett allmänt kändt verktyg.

Vågens konstruktion. Vågen konstruerades ifrån början efter samma princip, som ännu i dag ligger till grund för de finaste hit hörande instrument i kemistens laboratorium, nämligen lagen för häfstången. I hvardera ändan af en likarmad häfstång, rörlig omkring en axel, anbringar man en vågskål och har dermed vågen i hennes enklaste gestalt, som vi med ringa för-

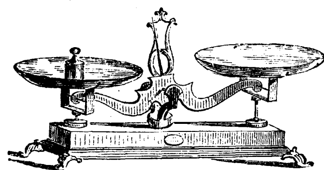
ändring återfinna i den s. k. handelsvågen (fig. 58). Tungan utvisar jemvigtsläget genom sin riktning mot en viss punkt och anger äfven genom sin afvikelse derifrån den minsta öfvervigt i den ena eller andra vågskålen. Fig. 59 visar oss utseendet af en annan våg, hos hvilken vågskålarna sitta ofvanpå häfstångsarmarna.


Fig. 57. Tyngdpunktens fallande inom stödytan.

Snällvågen. Något senare förekommer den s. k. snällvågen med olikarmad häfstång. Hon har fått sitt namn af det hastigare vägningssätt, man dermed kan åstadkomma. Hon skiljer sig från den förut omnämda handelsvågen derigenom, att de båda häfstångsarmarna äro olika långa. Den kropp, som skall vägas, upphänges på ett bestämdt afstånd från stödjepunkten; motvigten Q (fig. 60), hvars tyngd är bekant, föres så långt ut på den andra häfstångsarmen, att jemvigt uppkommer. Genom afståndet emellan stödjepunkten C och den rörliga vigten Q finnes nu den sökta vigten, som afläses på en längs den större häfstångsarmen anbragt skala. Snällvågen kallas äfven den romerska vågen.


Fig. 58. Handelsvågen.

Någon ytterlig noggranhet kan man ej förutsätta hos så enkelt konstruerade apparater; emellertid äro de i många fall tillräckliga och ha den fördelen att vara lätt handterliga. De antika vågar, som man uppgräft ur Pompejis ruiner, visa oss, att man redan hos romarna kände till fördelen af att ha två särskilda upphängningspunkter, såsom man ser på den i fig. 60 afbildade vågen. Vanligen var då den enas afstånd från lasten två eller fyra gånger den andras. Derigenom hade man den fördelen att med samma rörliga vigt och samma längd på häfstångsarmen kunna väga så väl större som mindre tyngder. Ligger t. ex. den ena upphängningspunkten 30 linier från lasten och den andra 6, och är den längre armen 3 fot lång, kunna vi med en rörlig vigt af $^1/_2$ skålpund vid det större afståndet blott väga föremål af 5 skålpunds vigt, vid det mindre deremot af 25.


Fig. 59. Taffelvågen.

I brefvågen och andra dylika finna vi en annan form för vågen med olikarmad vågbalk. Här är nämligen den rörliga vigten ersatt genom en tung visare, som vid den belastade vågskålens sänkning höjer sig och dervid beskrifver en cirkelbåge. Ju större utslag visaren gör, desto längre blir den häfstångsarm, på hvilken hans tyngd verkar, under det lastens häfstångsarm på samma gång förkortas. Vigten afläses på den uppgraderade bågen.

Decimal- eller bryggvågen är till utseendet den mest komplicerade af alla vågar; med tillhjelp af fig. 62 och 63 skola vi dock lätt förstå denna nyttiga apparats sammansättning och verkningssätt. I båda teckningarna äro samma delar utmärkta med samma bokstäfver, så att vår beskrifning kan omfatta båda.

Hufvudbeståndsdelarna hos hvarje våg märka vi äfven här: de båda vågskålarna, nämligen skålen *P* för vigterna och bryggan *AB* för lasten *Q*, vidare den böjda vågbalken *LN*, som har sin axel i *M*. Men redan vid första ögonkastet se vi en stor skilnad mellan denna våg och de förut nämda. Lasten *Q* hänger nämligen ej på en enda punkt af häfstångsarmen *LM*, utan bryggan *AB* hvilar blott till en del på eggen *E*, hvilken å sin sida trycker på den enarmade häfstången *FG*, som åter vid *L* hänger på vågbalken; vidare trycker *AB* äfven ned stången *CD* och hänger genom denna vid *K* på vågbalken. *AB* och *CD* bilda ett fast förbundet helt.

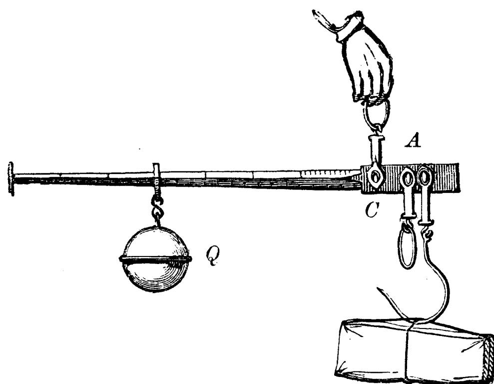
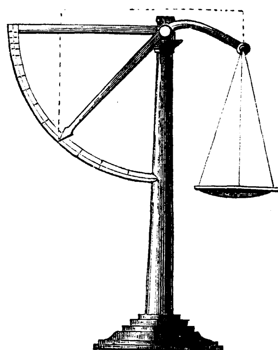


Fig. 60. Snällvågen.


Fig. 61. Brefvågen.

Lastens båda angreppspunkter vid *K* och *L* göra saken skenbart invecklad, men i sjelfva verket är effekten den samma, som om lasten endast hängde i *K*. Afsigten med det öfriga är blott att åstadkomma instrumentets större beqvämlighet genom vågskålens likformiga höjande och sänkande samt dess plana form, hvilken underlättar vägningar af större tyngder. Det är för öfrigt likgiltigt, om lasten placeras närmare *E* eller *B*, ty ingen del af trycket kan verka annat än på häfstångsarmen *LM*. Grundvilkoret för hela inrättningen är, att samma förhållande eger rum mellan *EF* och *GF* som mellan *KM* och *LM*. Om t. ex. *KM* är femtedelen af *LM*, måste äfven *EF* vara femtedelen af *GF*. Derigenom åstadkommes, att, hvar än kroppen må ligga på bryggan, trycket alltid fördelas lika på häfstångsarmen. Den del, som i *E* verkar på häfstången *GF*, utöfvar visserligen blott en femtedel af sin kraft på *G*, men i stället är häfstångsarmen *LM* fem gånger längre än *KM*, der den på *B* tryckande delen verkar en sänkning, och den slutliga effekten på häfstångsarmen *LM* blir sådan, som om hela lasten vore upphängd i *K*.

Namnet decimalvåg härledes deraf, att vid vågar af detta slag häfstångsarmen *MN*, som uppbär vigterna, är tio gånger längre än *MK*, och en vigt *P* sålunda kan hålla jemvigt mot en tio gånger så tung last *Q*.

På samma princip grunda sig de stora lastvågar, på hvilka man kan väga tyngder af flera hundra centner. Häfstångsförbindningen ligger då vanligen under jorden i ett muradt rum, under det bryggan går i jemnhöjd med marken, så att de största fraktvagnar utan svårighet kunna föras derpå och vägas. Dervid äro ofta häfstångsarmarnas längder så afpassade, att vigten uppväger en hundra gånger så stor last.

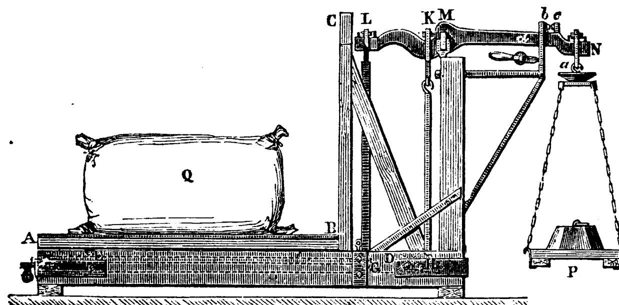


Fig. 62. Decimal- eller bryggvågen.

Den kemiska vågen. Det är lätt att inse, att alla dessa vågars vanliga konstruktion ej kan göra anspråk på någon stor noggranhet; också förekomma i praktiken många fall, då de måste ersättas genom finare apparater.

I städer t. ex. med stor sidenindustri, såsom Lyon m. fl., finnas särskilda anstalter, der råsilket, som kommer från Italien och andra länder, profvas till sin vattenhalt, hvilken ofta är ganska betydlig. Men då det ej är möjligt att fullständigt befria hela balar från vatten och derigenom noggrant bestämma förlusten, nöjer man sig med att undersöka mindre prof, hvilka upprepade gånger vägas med den största omsorg, ända tills de genom torkning ej mera visa någon vigtförlust, och derefter beräknas värdet för hela balen. I fråga om ett så dyrbart material kunna små misstag blifva ganska känbara för köpare eller säljare, hvarför den största noggranhet användes vid undersökningen och endast de utmärktaste vågar, konstruerade för vetenskapliga ändamål, begagnas. Vi behöfva ej säga, att för fysikaliska och ännu mera för kemiska ändamål vågens noggranna och fina konstruktion är ett oeftergifligt vilkor; ty då den kemiska teorin i hela sitt omfång blott kan stöda sig på vågens utsago rörande kropparnas sammansättning, beror ock vetenskapens utbildning på den allt mer stigande konsten att framställa vågar af allt större fullkomlighet. Denna konst har i nyare tid bragts till en utomordentlig höjd, och vi anse det för vår pligt att något utförligare

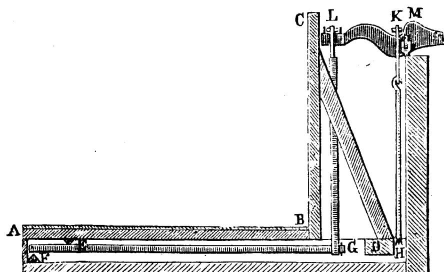


Fig. 63. Decimalvågens inre inrättning.

redogöra för den kemiska vågen. Vi beledsaga vår beskrifning med några afbildningar (fig. 64—66), hvilka tjena att belysa henne.

En god kemisk våg består hufvudsakligen af ett fast underlag för vågbalken, af vågbalken sjelf och vågskålarna. Vi vilja nu något närmare undersöka vågbalken och hans teori.

Vågbalken är, såsom vi redan nämt, en tvåarmad och likarmad häfstång, på hvilken vågskålarna hänga lika långt ifrån stödjepunkten. Den senare ligger något högre än tyngdpunkten, i följd hvaraf vågbalansen alltid inställer sig i horisontal riktning, då han antingen är alls icke eller ock lika belastad på båda sidor.

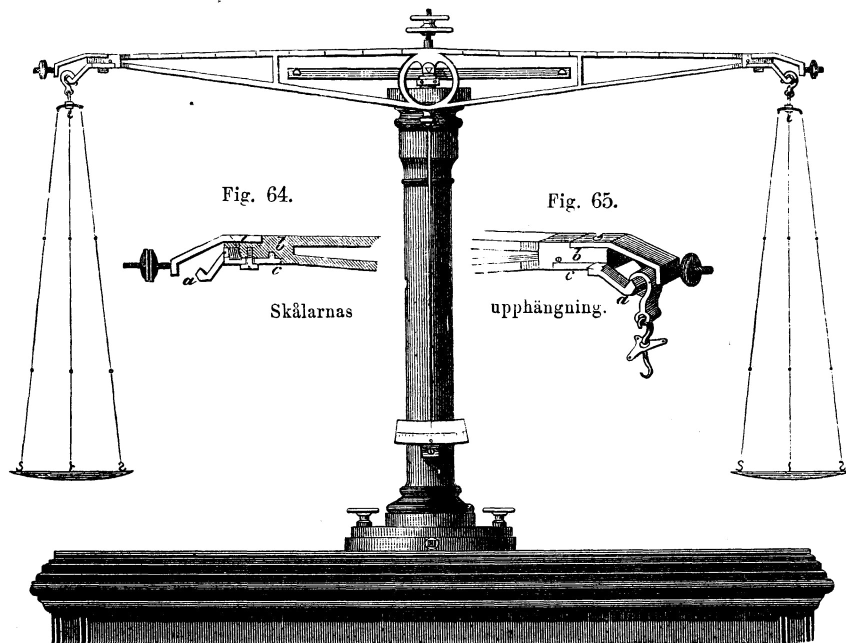


Fig. 66. Kemisk våg.

Att stödjepunkten och tyngdpunkten ej böra sammanfalla eller den senare ligga högre än den förra, synes tydligt af fig. 67. Denna föreställer vågbalansen, hvars båda hälfter böra vara alldeles lika långa och tunga, så att tyngdpunkten kommer att ligga på midten. Stödjepunkten ligger äfven på midten. För att så mycket som möjligt minska friktionen mellan delarna brukar man på detta slags vågar i stödjepunkten anbringa ett tresidigt stålprisma, medelst hvars ena kant vågbalken hvilar mot en horisontal platta af glas eller agat.

Om vi antaga, att vågbalkens tyngdpunkt sammanfölle med stödjepunkten, skulle jemvigt ega rum i alla lägen, så väl i läget *NM* som *N'M'*; fysiken kallar detta obestämd eller indifferent jemvigt. En lika belastning på båda sidor skulle ej rubba detta förhållande; men den ringaste öfvervigt på ena

sidan skulle hafva till följd, att balansen sökte ställa sig lodrätt. Låge tyngdpunkten öfver stödet, t. ex. i *G'*, så att, då balansen intager ställningen *N'M'*, han komme till *G*, skulle det förhållande inträffa, som man kallar osäker eller **labil** jemvigt; hvarje rubbning i balansens läge genom den ringaste öfvervigt på ena sidan skulle då vara nog att förorsaka en omkastning.

Sålunda måste tyngdpunkten ligga under stödjepunkten, på det sätt, som fig. 68 visar oss, der *a* är upphängnings- eller stödjepunkten och *b* tyngdpunkten för den icke belastade vågbalansen. Då vigterna *Q* och *Q'* påhängas, kommer hela systemets tyngdpunkt att ej mera ligga i *b*, utan närmare *a* till, då vigternas angreppspunkter ligga på samma linie som *a*, der äfven deras gemensamma tyngdpunkt ligger. Är *Q'* tyngre än *Q*, flyttar sig deras gemensamma tyngdpunkt närmare åt *Q'*, t. ex. i *d*, och hela systemets tyngdpunkt kommer att ligga emellan *d* och *b*, t. ex. i *c*. Denna punkt måste nu ligga lodrätt under stödjepunkten, när balansen är i hvila; den senare vrider sig alltså i vinkeln *bac*. På storleken af denna vinkel beror vågens känslighet. Den skicklige mekanikern kan härvid gå till väga på flera olika sätt. Om han inrättar det så, att tyngdpunkten *b* kommer att ligga nära under stödjepunkten, blir förhållandet mellan *ab* och *ad* större och vinkeln *bac* trubbig. Det samma inträffar äfven, då balansens armar göras så långa och lätta som möjligt.

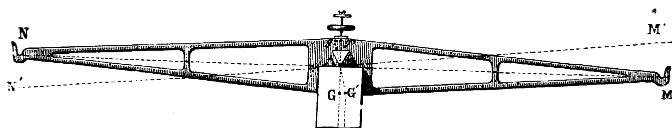


Fig. 67. Vågbalansen.

I stället för att göra balansen af ett enda stycke, ger man honom derför en genombruten form, såsom fig. 66 visar. Emellertid får man ej drifva känsligheten allt för långt; vid balansens starkare belastning kunde då inträffa, att den allmänna tyngdpunkten nästan sammanfölle med stödjepunkten och att vågen, i stället för att gifva ett utslag, helt och hållet sloge öfver. Eller om detta icke hände, blefve dock svängningarna så långsamma och vågen så orolig, att det fordrades mycken tid för att åstadkomma en noggrann vägning.

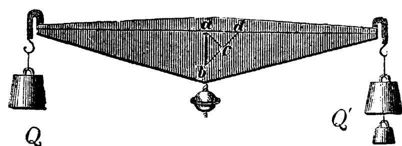


Fig. 68. Vågbalansens teori.

För att kunna riktigt observera vågbalkens läge är på honom anbragt en lång tunga, som med sin spets rör sig öfver en indelad cirkelbåge, hvilken, såsom fig. 66 visar, är fäst på ställningens nedre del. I vågens jemvigtsläge med obelastade vågskålar måste tungan noga visa på nollpunkten midt på bågen; detta åstadkommes genom två eller tre vid foten befintliga ställskrufvar och genom ett bakom ställningen hängande lod. Då vid stark belastning balansen alltid böjer sig något, hvarigenom tyngdpunkten skulle

kunna komma för långt ned och vågens känslighet minskas, och emedan denna böjning äfven kan vara ojemn, i följd hvaraf tyngdpunkten ej mer komme att ligga lodrätt under stödjepunkten, har man, för att undvika denna olägenhet, vid balansens ändar och midt anbragt ställskrufvar, vid hvilka befinna sig metallskifvor eller kulor, genom hvilkas närmande till eller aflägsnande ifrån balansens midtpunkt tyngdpunktens läge lätt kan korrigeras (fig. 64, 65).

I nödfall kan man äfven med vågar, hvilkas häfstångsarmar äro olika långa, åstadkomma noggranna resultat; man behöfver blott utföra två vägningar efter hvarandra, då man första gången lägger lasten på den ena, andra gången på den andra vågskålen, hvarefter man drar qvadratroten ur produkten af de tal, som ange båda vigterna. Om t. ex. kroppen väger den ena gången 5 och den andra 7 ort, är hans rätta vigt $\sqrt{35} = 5{,}91$ ort, nära nog $(5 + 7): 2 = 6$.

På balansens öfversta del finnes en gradering, hvarigenom hvarje arm delas i 10 lika delar, emedan nu mera noggranna vägningar alltid utföras efter decimalsystemet. Medelst denna anordning kan man angifva de minsta vigtskilnader, hvilket icke alltid lyckas ensamt genom vigters läggande på vågskålen. Man använder derför i stället för den vanliga vigten så kallade ryttare, d. v. s. af finaste platinatråd böjda ⋂ formiga hakar, som uppsättas på balansen. Dessa hakar hafva samma tyngd som den minsta vigten. Det ställe på balansen, der ryttaren sättes för att bringa honom i horisontalt läge, anger den tillökning eller förminskning, som vigten får, allt efter som ryttaren sitter på den vågarm, som uppbär vigten eller lasten. I förhållande till ryttaren verkar sålunda vågen som en olikarmad häfstång. Om vi antaga, att jemvigt eger rum då 3,246 ort ligga i vågskålen, och ryttaren står på samma sida midt emellan det fjerde och femte delstrecket, från midten räknadt, blir hela vigten 3,24645 ort. Ty då ryttarens egen vigt är ett tusendels ort, verkar han vid femte delstrecket blott så mycket som 0,0005 och midt emellan fjerde och femte som 0,00045 ort.

För att så mycket som möjligt minska friktionen har man äfven vid vågskålarnas upphängningspunkter anbragt skarpa stålkanter, hvilka röra sig mot polerade glas- eller agatplattor. Fig. 64 och 65 visa oss i detalj vågskålarnas upphängningsapparat. För att noggrant kunna inställa stålprismerna, så att de bli sins emellan parallela, rätvinkliga mot balansens riktning och ligga alla tre i samma horisontalplan, äro vid upphängningarna skrufvar anbragta, medelst hvilka plättan *c*, som uppbär kanten *a*, kan vridas på åtskilliga sätt. För att så mycket som möjligt hindra nötningen af det mellersta prismat låter man ej balansen ständigt hvila på det samma, utan, då vågen ej begagnas, arreterar man honom, d. v. s. man upplyfter honom från sitt underlag och upphänger honom medelst två armar. På vår teckning är denna arretering antydd genom den korta, horisontala stafven, som synes bakom balansen, och den lilla fyrkantiga tappen vid ställningens fot. Den lilla tappen omvrides med en nyckel och åstadkommer genom en excenterskifva armens höjande och sänkande. Vid noggranna vägningar arreterar man ej blott, då vågen ej begagnas, utan äfven hvarje gång, vigter påläggas eller aftagas.

En våg, som genom sina särdeles märkliga egenskaper är bekant öfver hela den bildade verlden, är den s. k. cottonvågen i det kungliga myntet i London. I sin bok »Promenader genom London» berättar Schlesinger härom: »Vi befinna oss i en lång sal med en mängd fönster på ena sidan; midt på denna i närheten af en fönsterfördjupning står en liten ångmaskin, så nätt och elegant, att han kunde utgöra en passande prydnad i en dams förmak och användas att drifva en vattenkonst i en guldfisksbassäng. Framför fönstren utefter salens hela längd stå flera prydligt utförda maskiner med ställningar af mahogny och hjulverk af messing, hvilka drifvas af den nämda ångmaskinen. Den mellersta delen af salen upptages af ett långt massivt bord, på hvilket hela berg af guldmynt bilda ett intressant californiskt landskap, och några af myntets tjenstemän arbeta med små skoflar i denna kuperade guldmark.

»Här vägas guldmynten», säger vår ledsagare, och vi betrakta en stund denna sinnrika process. Ju mindre man förstår af maskineriet — och de flesta besökande förstå ingenting deraf — desto mera sagolikt förefaller dess arbete.

»Utom det egentliga maskineriet företer detta underverk en öppen låda, i hvilken under en lutningsvinkel af 30 grader inmynna två rännor af halfcirkelformig genomskärning med en diameter afpassad efter en engelsk sovereign. Lägges en rulle dylika mynt i en af rännorna, glider han ned, och det ena myntet efter det andra nedfaller i lådan. De nämda tjenstemännen ha ingenting annat att göra än att ösa guldmynten i rännorna; det är vid dessas slut, som maskineriets märkvärdigaste egenskap framträder. Då nämligen till slutet af rännan ankommer ett mynt, som endast är tio korn lättare, än det borde vara, framkommer en liten dittills dold messingsplatta, som kastar det undervigtiga myntet i ett till venster liggande fack af lådan, då deremot alla fullvigtiga mynt falla till höger.

»Vi kunna knapt se oss mätta på den lifliga maskinen. Messingsplattan låter ofta se sig, då betydligt nötta guldmynt röra sig i rännan; hon glömmer sig aldrig och utför sitt åliggande säkert och lugnt utan minsta buller och anspråk. En af tjenstemännen är nog välvillig att förklara för oss ändamålet med denna afskilningsprocess. »Banken», säger han, »skiljer de undervigtiga mynten från de fullvigtiga derför, att han endast ger ut fullvigtiga». »Och hvad gör man då med de andra?» »De sändas till myntet för att ompräglas; men först taga vi oss friheten märka dem. Önskar ni se, huru det går till?» Och han tar en näfve af de utdömda mynten och kastar dem i en liten låda, som hittills undgått vår uppmärksamhet och ser ut som ett litet positiv. Han vrider på en vef eller trycker på en fjäder, och ifrån lådans inre höres ett klingande och rasslande, och slutligen nedfalla mynten genom en öppning i lådans botten; men huru sönderskurna och stympade äro de icke! Victoria, Vilhelm och Georg ligga der formligen halshuggna. Vi känna oss helt hemska till mods och rekommendera oss skyndsamligen: »Good morning, sir!» »Good bye, gentlemen!»

Namnet cottonvåg har detta märkvärdiga instrument erhållit efter sin uppfinnare, William Cotton, en af bankens direktörer. I myntet äro dylika

vågar i verksamhet för att väga plåtarna, innan stämpeln påtryckes dem. I hvarje minut kunna 20 och således på en timme 1200 stycken vägas. Medelst de här uppstälda fem vågarna profvas dagligen 48 000 guldmynt efter den genom en parlamentsakt bestämda standardvigten. Sjelfva vigterna äro af bergkristall och förändras hvarken genom nötning eller rost.

Den specifika vigten. Det berättas, att man en gång uppdrog åt Arkimedes att undersöka ett dyrbart guldarbete för att utröna, huru vida konstnären, som förfärdigat det, dervid gått redligt till väga och användt rent guld, såsom man gjort till vilkor, eller om dess inre bestode af någon mindre dyrbar metall än ytan. Vid denna undersökning finge naturligtvis den sköna formen ej skadas.

Arkimedes fann vid badning nyckeln till gåtan. Han såg, att många kroppar, t. ex. trä, flöto på vattnet, andra åter, såsom metaller och stenar, sjönko till bottnen. Hans egen kropp blef i det flytande elementet mycket lättare, och det fordrades blott ringa ansträngning för att resa sig upp ifrån bottnen, medan ett dylikt försök i luften gjorde en betydlig kraftansträngning nödig.

Arkimedes upptäckte nu den lagen, att alla kroppar i vattnet förlora af sin vigt så mycket som vigten af den vattenmassa, de undantränga. En sten, ett jernstycke och en träbit af lika stor volym förlora i vatten lika mycket af sin vigt, så att om stenen t. ex. vägde i luften 2 skålpund, väger han kanske, nedsänkt i vatten, blott 1, om jernstycket vägde i luften 7 $^1/_2$ skålpund, väger det i vattnet 6 $^1/_2$. Men träet, som i luften vägde $^3/_4$ skålpund, visar i vattnet alls ingen tyngd, utan tvärtom ett sträfvande att stiga uppåt, och kan till och med bära en last af $^1/_4$ skålpund. Kan det fritt röra sig, uppstiger det ända till ytan och höjer sig öfver den samma med fjerdedelen af sin volym. Ty först i detta läge är det nedifrån verkande trycket af den undanträngda vattenmassan lika med den nedsänkta kroppens vigt.



Fig. 69. Fritt flytande kropp.

En kropp säges flyta på vattnet, då han ej helt och hållet nedsjunker deri, utan bäres deraf och till en del höjer sig öfver vattenytan. Alla kroppar, hvilkas vigt är mindre än en lika stor volym vatten, flyta på vattnet; feta personer flyta lättare än magra, hos hvilka benen betydligt öka vigten i förhållande till volymen. I allmänhet är menniskokroppen lättare än vattnet, och orsaken till drunkning är derför ej nedsjunkandet, utan den ångest och oro, som vålla, att man ej kan intaga och bibehålla det läge, som gör det möjligt att andas. En kropp, som är lika tung med det omgifvande vattnet, höjer sig ej öfver ytan och hvarken sjunker eller stiger af sig sjelf, utan bibehåller det läge i vattnet, som man meddelat honom.

Som bekant, kallar man vigtens förhållande till volymen **täthet**, och det tal, som uttrycker en kropps täthet i förhållande till vattnets, denna kropps **specifika vigt**.

Man kan äfven säga, att den specifika vigten förhåller sig hos kroppar med lika volym direkt som deras absoluta vigt. Då vi säga, att jernets specifika vigt är 7,5, betyder det, att en kubiktum jern väger 7,5 gånger så mycket som en kubiktum vatten.

På grund af det föregående kunna vi således säga, att alla kroppar, hvilkas specifika vigt är större än vattnets, sjunka deri, men alla andra, hvilkas specifika vigt är mindre, flyta och nedsjunka blott till så stor del af sin volym, som deras specifika vigt anger.

Man kan lätt finna den specifika vigten hos en kropp genom att först väga honom i luften på vanligt sätt och sedan nedsänkt i vatten, hvarefter man dividerar kroppens absoluta vigt med den vid vägningen i vattnet uppkomna vigtskilnaden. Ett guldstycke väger t. ex. i luften 25 korn, men nedsänkt i vatten endast 23,5; det undanträngda vattnets vigt är sålunda 1,5 korn och guldets specifika vigt följaktligen = 25 : 1,5 = 16,666. Men det rena guldets specifika vigt är 19,3; vårt guldstycke måste derför ha fått en tillsats af någon lättare kropp, hvarigenom dess värde tillika förminskats. Så snart man lärt känna, af hvad natur denna tillsats är, kan man ock af dess specifika vigt med säkerhet bestämma dess mängd, och detta är den princip, för hvars upptäckande Arkimedes till tack åt gudarna offrade en hekatomb eller hundra oxar. »Derför», säger Lessing, »darra så många än i dag, då en ny sanning upptäckes.»

Då man sätter sig på en flytande planka eller hoppar i vattnet med en korkgördel om lifvet, använder man Arkimedes' princip; ja, hela sjöfarten grundar sig på den samma, ty då man urhålkar en kropp, kan man bringa honom att undantränga en vattenmassa af vida större vigt, hvarigenom han sättes i stånd att bära kroppar, som äro specifikt tyngre.

Att väga en kropp i vatten medför ingen svårighet; man kan medelst en fin metalltråd fästa kroppen under den ena vågskålen af en vanlig våg och låta honom nedsjunka i ett derunder ställdt, med vatten fyldt kärl, hvarefter den andra vågskålen belastas, tills visaren inspelar på nollpunkten (fig. 70). Skilnaden mellan den sålunda erhållna vigten och kroppens absoluta vigt utgör tydligen vigten af den vattenmassa, kroppen undantränger, hvarefter hans specifika vigt lätt beräknas.

Ett annat sätt att bestämma en fast kropps specifika vigt är att inlägga honom i en flaska, som man förut fylt med vatten och vägt. Genom införandet af en ny kropp utthänges en med dennes volym lika vattenmängd, hvilken man väger och derigenom bestämmer vigtskilnaden. En tredje metod är den, för hvilken man begagnar

Areometern. Denna grundar sig på samma princip som den hydrostatiska vågen, nämligen att den kropp, hvars specifika vigt skall undersökas, väges först i luften och sedan i vatten, men för öfrigt är han annorlunda in-

rättad. En ibland de mest bekanta är Nicholsons areometer, uppkallad efter sin uppfinnare, en engelsk fysiker, som lefde i senare hälften af förra århundradet. Den utgöres af en ihålig messingscylinder med koniska bottnar. Vid dess nedre ända är fäst en skål, afsedd dels att uppbära kroppen, som skall vägas, dels ock att genom sin egen tyngd bringa areometerns tyngdpunkt så långt ned som möjligt. Messingscylinderns öfre ända fortsättes af en metalltråd, som äfven uppbär en skål eller platta *b* och är försedd med ett märke *c*, hvartill areometern vid hvarje försök måste nedsänkas. Då areometern invändigt är tom eller blott fyld med luft, nedsjunker han i obelastadt tillstånd endast delvis i vatten (fig. 71). För att tvinga honom att nedsjunka till märket *c* måste derför på den öfre skålen läggas någon viss vigt. Lägges på denna en kropp, t. ex. en slipad ädelsten, erfordras för areometerns nedsänkande till märket *c* en så mycket mindre vigt som ädelstenens tyngd. Man erhåller sålunda stenens absoluta vigt (fig. 72). En tredje vägning erfordras för att bestämma samma kropps vigtförlust i vatten. Denna erhålles lika lätt genom att lägga stenen, eller hvilken kropp det vara må, i den undre skålen *a* och genom ytterligare tillägg af vigter i skålen *b* tvinga areometern att nedsjunka till *c* (fig. 73).

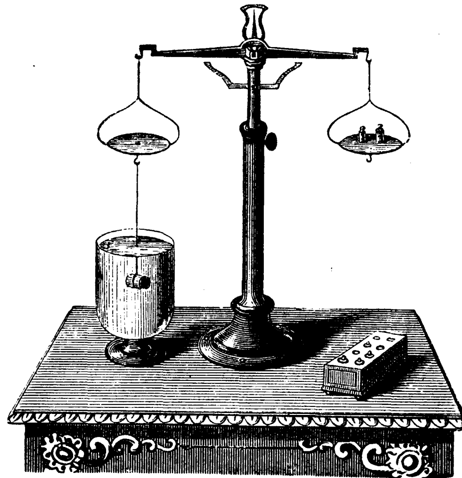


Fig. 70. Hydrostatisk våg till bestämmande af den specifika vigten.

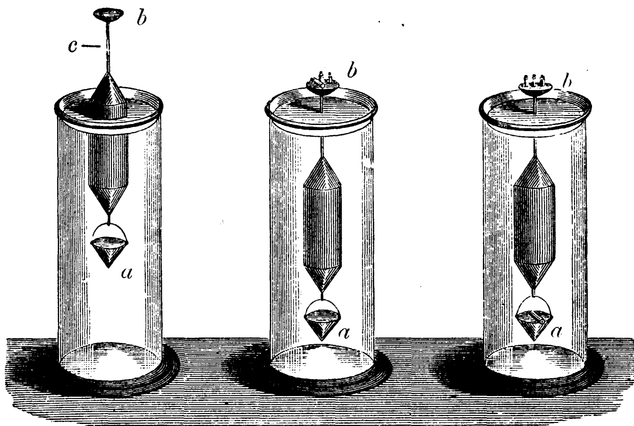


Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.
Nicholsons areometer och dess användning till den specifika vigtens bestämmande.

Hade man t. ex. behöft första gången belasta areometerns öfre skål med 20 korn för att nedsänka honom till märket och i andra vägningen, då stenen ligger i öfre skålen, jemte honom endast behöft ditlägga 14,8 korn, väger tydligen stenen 5,2 korn. Den tredje gången, då stenen lägges i den nedre skålen, antaga vi, att den öfre behöfver belastas med 16,8 korn. Då stenen

väges i vatten, förlorar han således i vigt 16,8—14,8 = 2 korn, d. v. s. så mycket väger den af stenen undanträngda vattenmassan. Stenens specifika vigt blir då 5,2 : 2 = 2,6.

Alkoholometer, sackarometer, ölprofvare o. s. v. Af synnerlig vigt är areometern i sådana fall, då det är fråga om att bestämma vätskors specifika vigt. Vid blandningar af två olika vätskor eller lösningar af någon fast kropp i en vätska är vanligen den specifika vigtens bestämmande ej blott det enklaste, utan äfven det noggrannaste medlet att utröna deras mättningsgrad och handelsvärde. I kemiska fabriker beror ofta den lyckade framställningen af ett preparat på kännedomen af en lösnings koncentreringsgrad. Den mängd af ett kristalliserbart salt, som förekommer i en lösning, måste på ett hastigt och enkelt sätt kunna utrönas, emedan arbetets gång ofta rättar sig efter denna salthalt, hvilken under afdunstningen oupphörligt ändrar sig. Detta sker genom bestämmande af lösningens specifika vigt. Alla saltlösningar, syror, ammoniakslösningar, klorkalkslösningar, vattenglas och dylika kunna genom undersökning af deras specifika vigt profvas till sitt handelsvärde och sin vattenhalt. Otaliga vätskor förekomma i handeln, hvilka köpas och säljas utan annan kontroll än uppgiften på deras specifika vigt. Den vidsträcktaste användningen har areometern i brännerierna för bestämmandet af värdet af alkoholhaltiga preparat, bränvin och sprit.


Fig. 74. Sänkvågen.

För att bestämma den specifika vigten hos vätskor kan man äfven och med tillfredsställande noggranhet begagna sig af Nicholsons areometer. Om för att nedtrycka areometern till märket i vatten erfordras t. ex. 20 korns belastning på öfre skålen och för att nedtrycka honom lika djupt i utspädd svafvelsyra 25 korn, är tydligt, att en volym af den senare väger 1,25 så mycket som en lika stor volym vatten, eller, hvilket är det samma, att syrans specifika vigt är 1,25. Den specifika vigten af ren engelsk svafvelsyra är 1,84; och genom försök har man utrönt syrehalten hos alla grader af utspädningar, hvilkas specifika vigt ligger emellan 1,84 och 1, så att man, för att erhålla procenthalten af syra och vatten, endast behöfver slå upp motsvarande specifika vigt i en för sådant ändamål upprättad tabell. För den praktiska användningen har Nicholsons areometer undergått vissa förändringar, som afse att göra honom beqvämare att handtera. Denna modifikation, den s. k. sänkvågen (fig. 74), består likaledes af en ihålig cylinder, dock utan vågskålar och vanligen af glas för att kunna afläsa den inuti cylindern anbragta skalan. Cylindern är tillblåst i båda ändarna och innesluter i sin nedre del några droppar qvicksilfver eller några blyhagel för att hålla honom i upprätt ställning, då han nedsänkes i en vätska.

Emedan instrumentets tyngd ej förändras, måste det tydligen nedsjunka djupare i en lättare vätska än i en tyngre, och en i cylinderns öfre del insatt skala anger direkt den specifika vigten af den vätska, som undersökes. För större

beqvämlighets skull har man konstruerat olika instrument för olika vätskor och låter skalan direkt ange procenthalten i stället för den specifika vigten. Man kallar dylika areometrar procentareometrar. Sådana äro alkoholometern, sackarometern, som användes att bestämma lösningars sockerhalt, mjölkprofvaren m. fl.

Gay-Lussacs volumeter är så inrättad, att hans skala direkt anger, huru många volymdelar af vätskan instrumentet undantränger, och då dessa äro omvändt proportionela mot vätskans specifika vigt, kan tydligen denna utan svårighet beräknas; detta instrument torde derför äfven kunna anses som det mest rationela af alla dylika.

Med en alkoholometer följer vanligen en hög cylindrisk glasbägare, i hvilken man slår spriten, som skall undersökas. Denna bägare bör ej vara för trång, emedan vätskans uppstigande vid hans sidor då gör areometerns afläsning osäkrare. Vid dylika undersökningar har äfven temperaturen inflytande, och för att denna ej skall för hastigt ändra sig under observationen, är ett större kärl att föredraga framför ett mindre. Ju varmare vätskan är, desto lättare är hon, och vid en sprithaltig vätska kan en ringa temperaturskilnad leda till betydliga felaktigheter i afseende på bestämmandet af den specifika vigten. Af detta skäl förses sänkvågen stundom med en termometer, och så väl temperaturen som den medelst sänkvågen observerade specifika vigten införes i beräkningen af procenthalten af alkohol.

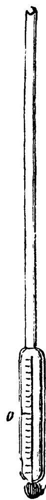


Fig. 75. Sänkvåg med termometer.

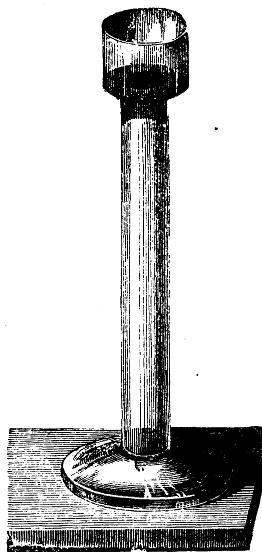


Fig. 76. Bägare.

Då areometrarna användas med urskilning, äro de utomordentligt nyttiga apparater, men då det är fråga om att undersöka vätskor, som utgöra lösningar af mer än två ämnen, blifva de otillförlitliga. De ange nämligen endast tätheten, men ej hvilket inflytande hvar och en af de ingående beståndsdelarna utöfvar derpå. Vore den ena beståndsdelen tyngre och den andra lättare än vatten, vore areometern tydligen fullkomligt obrukbar. Öl t. ex. består hufvudsakligen af vatten, något litet alkohol, hvilket är lättare än vatten och således bidrager till att minska den specifika vigten, vidare af socker, salter och extraktivämnen, hvilka samtliga bidraga till ökande af den specifika vigten. Två ölsorter kunna således ha samma specifika vigt och dock vara betydligt olika; den ena sorten kan ha en större alkoholhalt, om äfven mängden af fasta beståndsdelar är större. I afseende på mjölk eger samma förhållande rum; här är det å ena sidan fettämnen och å den andra mjölksocker och salter, som neutralisera hvarandras verkan på areome-

Skala	Gradering (uppifrån och ned)
Balling & Kaiser	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Long	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
Baumé	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Beck	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Stoppani	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19
Hermbstaedt	1000, 1010, 1020, 1030, 1040, 1050, 1060, 1070, 1080, 1090, 1100, 1110, 1120, 1130, 1140, 1150, 1160, 1170, 1180, 1190, 1200, 1210, 1220, 1230, 1240, 1250, 1260, 1270, 1280, 1290, 1300
Twaddle	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
Volumeter	100, 99, 98, 97, 96, 95, 94, 93, 92, 91, 90, 89
Specifik vigt	1·0000, 1·0040, 1·0080, 1·0120, 1·0160, 1·0200, 1·0240, 1·0281, 1·0322, 1·0363, 1·0404, 1·0446, 1·0488, 1·0530, 1·0572, 1·0614, 1·0657, 1·0700, 1·0744, 1·0788, 1·0832, 1·0877, 1·0922, 1·0967, 1·1013, 1·1059, 1·1106, 1·1153, 1·1200, 1·1247, 1·1295

Fig. 77. Jemförande sammanställning af några areometerskalor.

tern. Öl- och mjölkprofvare, som uteslutande grunda sig på den specifika vigtens utrönande, äro således rena orimligheter.

I afseende på areometerns uppfinning förekommer en uppgift, som vi vilja anföra utan att ikläda oss någon borgen för dess riktighet. Synesius ifrån Kyrene, som öfvergick till kristendomen och 410 blef biskop i Ptolemais, påstås ha skrifvit ett bref till sin lärarinna, den berömda Hypatia i Alexandria, och i detta bref beskrifvit ett instrument, som han ville låta förfärdiga i Alexandria. Den beskrifning, han lemnar i sitt bref, synes passa in på en areometer. Hypatia kan svårligen vara instrumentets uppfinnare, emedan den utförliga beskrifning, biskopen lemnar, då varit öfverflödig. Att areometern ej före år 400 varit bekant i Egypten, synes framgå deraf, att en så lärd qvinna som Hypatia var okunnig derom.

En verklig beskrifning af en sänkvåg finnes i ett latinskt skaldestycke från 6:e århundradet. I Tyskland betje-

nade man sig redan tidigt af dylika instrument för att bestämma salthalten i de lösningar, hvarur koksalt framställdes vid saltverken, och i en år 1603 utgifven bok, Johann Thöldens »Halographia», finnes en temligen utförlig beskrifning derpå.

Sådana areometrarna nu användas eller snarlika, af glas och med en skala, förekommo de troligen ej förr än omkring 1675, då den bekante fysikern Robert Boyle föreslog att använda areometern som guldvåg. Samtidigt blefvo de troligen först af Boyle och Cornelius Mayer använda för att bestämma den specifika vigten. Nicholson uppträdde med sin areometer först 1787. Sedermera har en mängd konstruktörer framstält olika areometrar, mer eller mindre lämpliga för de ändamål, hvarför de varit afsedda.



Pendeln och centrifugalmaskinen.

Galileo Galilei. — Upptäckten af lagarna för pendelns rörelse. — Fritt fallande kroppars rörelse. — Likformigt tilltagande och aftagande hastighet. — Pendelns användning. — Pendelur. — Sekundpendel. — Kompensationspendel. — Mälzels metronom. — Reversionspendel. — Foucaults pendelbevis för jordens rotation. — Sekundpendelns olika längd på olika orter. — Jordens afplattning vid polerna. — Centrifugalkraften. — Plateaus försök för att förklara uppkomsten af Saturnus' form. — Centrifugalregulatorn. — Centrifugaltorkmaskinerna.

Den 18 februari 1864 firades ett jubileum, som för menskligheten egde den största betydelse. Det var den trehundrade årsdagen af Galileo Galileis födelse.

Om verlden blickar tillbaka på denna dag som på en helig dag, har detta sin grund ej blott i några särskilda af Galilei gjorda upptäckter, huru glänsande och följdrika de än kunna vara, utan förnämligast deruti, att det är honom och hans mäktiga snille, hon öfver hufvud har att tacka för skingrandet af det töcken, som förmörkade själarna och gjorde, att äfven de mest begåfvade fasthängde vid de gamla föreställningssätten blott derför, att deras ursprung låg några tusen år tillbaka och kanske stödde sig på en Aristoteles' som ofelbar ansedda auktoritet. Galilei störtade ej blott den gamla bygnaden, utan lade äfven grunden till en ny och underlättade arbetet för dem, som skulle träda i hans fotspår.

I sjelfva verket beträdde han en ny väg; hans uppträdande betecknar en vändpunkt. Vilja vi vara vitne till, huru en af hans andes skönaste blommor, kanske den skönaste, slår ut, förflyttom oss då för ett ögonblick till det mystiska halfdunklet i Pisas gamla ärevördiga katedral.

Det är en stor kyrkofest. Från koret klinga sköna melodier genom de höga hvalfven, hundratals vaxljus glimma genom rökelsemolnen, som insvepa högaltaret, kyrkans skepp vimlar af en böljande menniskomassa, kommande och gående och knäböjande på gammalt mekaniskt vis. Genom de höga fönstren söker det klara dagsljuset intränga, men i detta rum, dit solstrålen måste bana sig väg genom brokigt målade fönsterrutor, får han ej fritt belysa ett menniskoanlete. I en ande går dock ett annat ljus upp. En ung student, den nittonårige Galilei, står lutad mot en pelare.

Hans fader, tillhörande en af Pisas adliga slägter, hade bestämt sonen för köpmansståndet och, sjelf en vän af lärdom, gifvit honom en utmärkt uppfostran. Men gossen insåg snart, att hans uppgift var en helt annan än att handla med siden och kryddor. Han besökte universitetet i sin födelsestad och studerade medicin och Aristoteles' filosofi. Men der andra blott trodde och tillbådo, kände han sig frestad att pröfva och undersöka. Öfver allt ser han ordning och regelbundenhet. Ingen annan lag, säger han, än den naturen sjelf uppenbarar, kan sammanhålla tingens väsen. Menniskors uttydningar tillerkänner han intet värde, så vida de ej äro ett klart uttryck af naturen sjelf, och detta äro de sällan. Galilei har tidigt måst vänja sig att gå sin egen väg. Han har sina egna tankar, och med dessa står han der äfven nu i den höghvälfda domen ensam midt ibland den böljande menniskomassan.

Musiken och ceremonierna omkring honom göra på honom intet intryck. Hans blickar äro oaflåtligt riktade åt ett håll: de följa de långsamma rörelserna af en från det höga hvalfvet nedhängande ljuskrona, i hvars svängningar han anar en regelbunden lag. På lika långa tider beskrifver ljuskronan sina lika långa cirkelbågar. Bakom henne svänger en annan krona lika regelbundet, men fortare, och likväl ha båda samma form och storlek och befinna sig för öfrigt under samma förhållanden med den enda skilnaden, att den första är fäst vid en högre punkt i hvalfvet än den andra.

Skulle kedjans längd möjligen kunna ha något inflytande på de strängt matematiska rörelserna? Dessa iakttagelser och denna fråga skola, säges det, gifvit anledning till den första af Galileis upptäckter: *lagen för pendelrörelsen*, hvilken man kan säga utgöra grunden för den epokgörande riktningen af Galileis senare forskningar.

Pendeln. En pendel är hvarje tung kropp, som upphänges så, att han under inflytande af en tilldragande eller frånstötande kraft kan svänga kring sin upphängningspunkt. I fråga om den vanliga pendeln är denna kraft tyngdkraften; om rörelse skall kunna ega rum, få således kroppens upphängningspunkt och tyngdpunkt ej sammanfalla med hvarandra.

Tänka vi oss denna kropp blott som en tung punkt, upphängd i ändan af en tyngdlös linie, ha vi en matematisk eller enkel pendel. I verkligheten kan en sådan ej åstadkommas, men genom dess antagande skall man lättare förstå lagen för pendelrörelsen. Äfven den enklaste pendel, som vi kunna förfärdiga genom att upphänga en liten metallkula på en fin silkestråd, är underkastad inflytande af friktionen, luftens motstånd o. s. v., hvilka, om än aldrig så litet, dock märkbart inverka på rörelsen. Om i fig. 79 *a* är upphängningspunkten och *e* den tunga punkten, så är *ae* jemvigtsläget. Bringar man *e* till *c*, måste han i följd af sin tyngd söka att falla mot jordens medelpunkt. För hans rörelse gälla samma lagar som för fritt fallande kroppar, och vi vilja nu först göra oss bekanta med de vigtigaste af dessa.

Fallrörelse. I verldsrymden skulle en kropp, som en gång blifvit satt i rörelse, i evighet fortsätta sin väg i samma riktning och med samma hastighet, ty han skulle der ej möta något motstånd och ingen annan kraft, som kunde förändra hans en gång gifna riktning. Men i närheten af jorden deremot äro alla kroppar underkastade den från henne utgående attraktionen. En uppåt kastad sten förmår ej fortsätta sin ursprungliga, rätliniga väg; tyngdkraften drager honom mot jorden, och genom sammansättning af de båda krafter, som åverka honom, kastkraften och tyngdkraften, blir hans bana en helt annan. Hastigheten förändras, ty den kraft, som sträfvar att aflägsna stenen från jorden, försvagas genom den oafbrutet verkande tyngdkraften; rörelsen aftager, tills hon blir lika med noll (likformigt aftagande rörelse); från detta ögonblick verkar tyngdkraften ensam, och nedfallandet börjar. Om kroppen kastas lodrätt uppåt, fortsätter han sin väg i samma riktning, ty tyngdkraften verkar i samma linie, fastän åt motsatt håll. Men kastas han i horisontal eller sned riktning, beskrifver han en kroklinie, en så kallad parabel, som vi ofta haft tillfälle att iakttaga och hvars teoretiska form man lätt på papperet kan konstruera och beräkna.

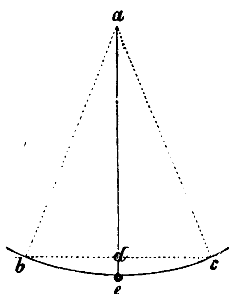


Fig 79. Enkel pendel.

Låter man en sten fritt falla från en höjd, så att han blott åverkas af jordens attraktion, blir hans rörelse ej likformig. Erfarenheten har visat, att han tillryggalägger under första sekunden en väg af 16,5 fot, under den andra $3 \times 16{,}5 = 49{,}5$ fot, under den tredje $5 \times 16{,}5 = 82{,}5$ fot, under den fjerde $7 \times 16{,}5 = 115{,}5$ fot o. s. v., så att han efter 4 sekunders förlopp har tillryggalagt en väg af $16{,}5 + 49{,}5 + 82{,}5 + 115{,}5 = 264$ fot. Hastigheten vid första sekundens slut är 33 fot, vid den andras 66, vid den tredjes 99, vid den fjerdes 132 o. s. v. (likformigt tilltagande rörelse). Dessa tal gälla naturligtvis endast för jorden; på solen, der tyngdkraften är vida starkare, skulle de ock blifva större, på månen deremot mycket mindre; men det allmänna uttrycket för de lagar, som öfver allt gälla för fritt fallande kroppar, blir emellertid följande:

1. Den fallande kroppens sluthastigheter förhålla sig som de till fallen använda tiderna. Sålunda, om kroppen vid slutet af första sekunden uppnått en hastighet af 33 fot, uttryckes hans hastighet vid slutet af andra, tredje och fjerde sekunderna genom talen $2 \times 33 = 66$, $3 \times 33 = 99$, $4 \times 33 = 132$ fot o. s. v.

2. Vägstyckena, som en fallande kropp tillryggalägger under de på hvarandra följande sekunderna, förhålla sig som de udda talen ($1 \times 16,5$ — $3 \times 16,5$ — $5 \times 16,5$ — $7 \times 16,5$ fot o. s. v.).

3. Fallhöjderna eller vägstyckena förhålla sig som qvadraterna på de till deras tillryggaläggande använda tiderna ($1 \times 1 \times 16,5$ — $2 \times 2 \times 16,5$ — $3 \times 3 \times 16,5$ o. s. v.).

Galilei upptäckte dessa lagar för fallrörelsen derigenom, att han lät tunga kroppar falla ned från ett torn i Pisa, och offentliggjorde sina rön 1638 i sin afhandling om mekaniken. Han begagnade äfven vid sina försök en lutande ränna, utför hvilken en kula rullade. Ehuru hastigheten här blef mindre än för fritt fallande kroppar, blef dock förhållandet emellan sluthastigheterna, tiderna och vägstyckena det samma. Den senare af engelsmannen Atwood uppfunna fallmaskinen gaf ännu noggrannare resultat.

Lagarna för pendelrörelsen äro de samma som för fritt fallande kroppars rörelser, tillämpade på ett visst fall. Pendelns rörelser äro ingenting annat än ett fallande från en högre punkt till en lägre och ett återuppstigande i följd af framhärdigheten eller den lefvande kraft, hvilken pendeln under fallandet förvärfvat. Det är på visst sätt ett fallande och återuppstigande på ett lutande plan eller i en böjd ränna. Uttrycket lefvande kraft för en i rörelse varande kropp användes först af Leibnitz i motsats till det af Galilei använda uttrycket peso morte för det tryck, en i hvila varande kropp utöfvar på sitt underlag. Med en i rörelse varande kropps lefvande kraft förstås hans förmåga att utföra ett arbete eller öfvervinna ett motstånd. Denna lefvande kraft i förening med tyngdkraften underhåller pendelns rörelser.

Är under första delen af rörelsen under fallandet hastigheten i tilltagande, aftager hon lika regelbundet under den andra. I midten, der den tunga kroppen nått sitt djupaste läge, har han äfven sin största hastighet, och denna är alldeles den samma, som om han fallit, ej från *c* till *e* (fig. 79), utan från *d* till *e*.

På svängningstiden, d. v. s. tiden för fallandet och uppstigandet, har hvarken pendelns tyngd eller det ämne, hvaraf han består, något inflytande; lika så är det likgiltigt, så vida ej afvikningarna äro allt för stora, huru stort utslaget är. Svängningstiden beror endast på pendellängden eller afståndet mellan tyngdpunkten *e* och upphängningspunkten. Ju mindre pendellängden är, desto fortare svänger pendeln, och svängningstiderna för två olika långa pendlar förhålla sig som qvadratrötterna ur deras längder. En pendel af 1 fots längd gör två svängningar, medan en annan af 4 fots längd gör en.

Pendelns användning. Pendelns likformiga rörelser gjorde, att man snart nog föll på den tanken att använda honom till noggranna tidmätningar, och detta föreslogs äfven af Galilei. I ett bref af den 5 juli 1639 till Lorenzo

Realis, amiral och guvernör för det holländsk-ostindiska kompaniet, med hvilken han stod i underhandling om att flytta till Holland, skrifver han: »Till tidmätare begagnar jag mig af en pendel af messing eller koppar, åt hvilken jag gifvit formen af en sektor om 12 till 15 grader, hvars radie är 3 fot. Denna sektor gör jag tjockare på midten och tunnare åt sidorna, på det han må göra luften så litet motstånd som möjligt. Igenom ett hål i medelpunkten går ett jern, likt det, hvarpå en våg upphänges. Detta jern slutar nedtill i en skarp kant och hvilar på två underlag af metall.»

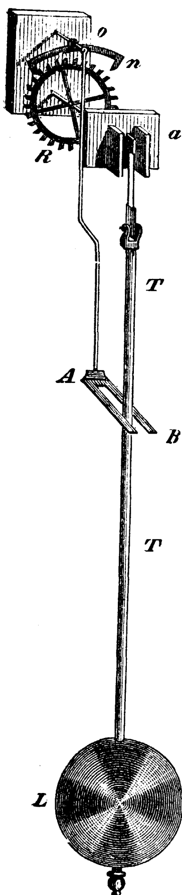


Fig. 80. Urpendeln.

»Då nu sektorn», fortsätter han, »föres långt ifrån det lodräta läget och öfverlemnas åt sig sjelf, gör han en mängd svängningar, innan han stannar. Men på det han må kunna fortsätta dessa svängningar, måste man emellanåt ge honom en stark stöt.»

För att kunna räkna svängningarna föreslog Galilei anbringandet af ett litet kugghjul, som för hvarje svängning skulle vrida sig en tand. Om Galileis äldre tidmätare, som han omnämner i ett bref till sin vän Micanzio (den 5 november 1637), äfven var inrättad på detta sätt, veta vi ej. Denna skulle, som Galilei skrifver, ha visat ej blott timmar, utan äfven minuter och sekunder. Att döma af senare beskrifningar, synes dock detta instrument varit ganska bristfälligt och ofullkomligt. Man gör dock orätt i att lemna det utan allt afseende, såsom de göra, hvilka tillskrifva Huyghens ensam uppfinningen af pendeluren. Den väsentligaste förbättringen, hufvudsakligen ankargången och lodens anbringande, förskrifver sig visserligen från honom, men äran att ha framstält den första iden tillkommer obestridligen Galilei.

Det sätt, hvarpå Huyghens använde pendeln på urverk, visar fig. 80. Pendeln L är upphängd i a och medtar vid hvarje svängning bygeln AB, hvilken vid sin öfre ända vrider sig kring en horisontal axel. Vid samma axel befinner sig en med hakarna m och n i tänderna på hjulet R ingripande spärrklinka (i följd af sin form kallad ankare). Sjelfva hjulet kringvrides medelst en derpå hängande vigt; det kan emellertid ej oafbrutet rotera, emedan ankaret ingriper hämmande med sin hake. För hvarje pendelsvängning vrider sig hjulet en tand, och genom den stöt, som ankarets hake dervid får af tanden och som öfverföres på pendelstången, behåller pendeln alltid samma utslag. Indelningen af kugghjulen beror sålunda på pendelns längd.

Genom pendelns förkortande går uret fortare, genom hans förlängande långsammare. Sådana förändringar i pendelns längd verkar emellertid blotta temperaturskilnaden, för hvilken uren jemt äro utsatta, och då man redan

tidigt lärde känna detta för urens noggranna gång skadliga inflytande, sökte man äfven medel att, om ej undanrödja, åtminstone neutralisera det. Redan 1715 föreslog Graham den sinnrika utväg, som ännu i dag användes, nämligen att motverka det skadliga inflytandet genom samma kraft, som framkallat det. För att bibehålla ett lika afstånd mellan svängnings- och upphängningspunkterna lät han, i stället för den tunga linsformiga kroppen, vid pendelstången anbringa ett aflångt kärl med qvicksilfver. Då pendelstången genom värmet förlänges och svängningspunkten sålunda sänkes, utvidgas qvicksilfret i kärlet och stiger, hvarigenom dess tyngdpunkt något höjer sig. Genom noggranna försök kan man lätt utröna den behöfliga qvicksilfversmängden.

Dylika kompensationspendlar äro ännu här och hvar i bruk, dock använder man mera en annan tillämpning af samma princip. Det är en äfven af Graham uppfunnen inrättning, der pendelstången utgöres, ej af en enda stång, utan af ett system af stänger af olika metaller, hvilkas utvidgningar genom värmet ömsesidigt upphäfva hvarandra. Fig. 81 ger en föreställning härom. Stången till denna pendel, som i följd af sin form äfven kallas rostpendel, består af ett system af nio stänger, af hvilka några vid sin utvidgning förlänga sig uppåt, andra nedåt. Är alltså den mellersta stången *d* af jern, äro stängerna *c* och *b* samt de med dem på andra sidan midtstången symmetriskt liggande stängerna af samma metall. De i figuren med fulldragna linier utmärkta stängerna äro af någon annan metall, t. ex. messing, som vid lika uppvärmning utvidgar sig mera än jern. Längden af messingsstängerna måste tydligen beräknas så, att deras förlängning blir lika med jernstängernas.

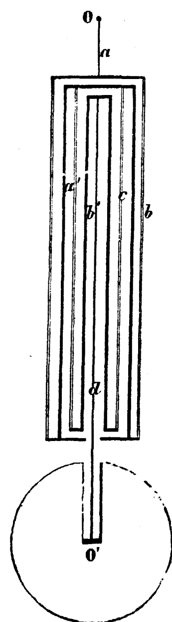


Fig. 81. Kompensationspendel.

Sekundpendeln. Till fysikaliska ändamål använder man ganska ofta som tidmätare den enkla sekundpendeln, det vill säga en sådan pendel, hvars svängningstid uppgår till jemnt en sekund. Att bestämma och vidmakthålla en sådan pendels riktiga längd är ej så lätt. Ty då den nästan blott genom försök kan utrönas, måste dessa göras med den allra största noggranhet. För att svängningarna skola kunna fortsättas tillräckligt länge, är första vilkoret, att friktionen så mycket som möjligt upphäfves. Har man äfven observerat ett stort antal svängningar och derigenom blifvit i stånd att noga beräkna tidslängden för en enda, återstår dessutom att bestämma tyngdpunktens afstånd från svängningspunkten, och detta arbete medför ej mindre svårigheter.

Det är nämligen en stor skilnad, om den svängande tunga kroppen är upphängd på en tyngdlös eller så godt som tyngdlös tråd eller på en stång, som alltid har en viss tyngd. Och de i sig sjelfva så enkla lagarna för pendelns rörelse blifva ännu ytterligare komplicerade, då pendelns upphängnings-

punkt befinner sig inuti den tunga stången, så att tunga massor både öfver och under upphängningspunkten måste sättas i rörelse.

Ett sådant fall påträffa vi i den i fig. 82 framstälda metronomen eller taktmätaren, efter sin uppfinnare kallad Mälzels metronom. Det är den lilla, bekanta apparaten, hvaraf man betjenar sig i musiken för att bestämma den takt, i hvilken ett musikstycke bör gå. Metronomens hufvudbeståndsdelar äro en tung blykula, anbragt vid en stång, som svänger kring en horisontal axel. Denna stång fortsättes ofvanför upphängningspunkten, och förlängningen, som är försedd med en skala, uppbär en flyttbar motvigt. Alla de andra delarna äro mindre väsentliga; urverket tjenar till att hålla apparaten i gång. Den nedre vigten eller blykulan verkar alltid på samma afstånd från upphängningspunkten och skulle, om hon svängde ensam, också fullborda sina svängningar med samma hastighet. Men nu måste hon äfven sätta i rörelse motvigten, hvilken alltid sträfvar att åstadkomma en rörelse åt motsatt håll och derigenom fördröjer den förras rörelser. Dessa kunna slutligen helt och hållet upphöra, om motvigten skjutes så långt upp, att båda vigternas afstånd från axeln förhåller sig omvändt som deras massor. Vi skulle då ha framför oss en tvåarmad, i jemvigt befintlig häfstång, som i hvarje läge vore i hvila. Ju närmare man derför skjuter motvigten till axeln, desto mindre blir hennes fördröjande inflytande och desto mera närmar sig svängningstiden den, som det nedre klotet ensamt skulle hafva.

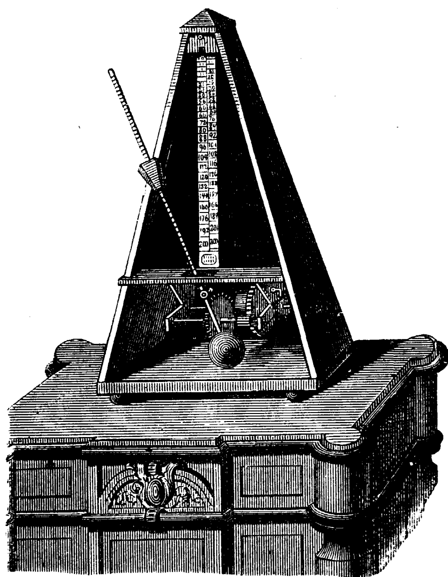


Fig. 82. Mälzels metronom.

Mälzels metronom är en s. k. sammansatt pendel, d. v. s. en sådan, hvars massa ej kan betraktas som en enda materiel punkt. Då man talar om längden på en sådan, och strängt taget äro alla svängande kroppar sammansatta pendlar, förstår man dermed längden af den enkla pendel, som svänger med samma hastighet. Den punkt, i hvilken den sammansatta pendelns massa skulle koncentreras för att bilda en enkel pendel med samma svängningstid, kallas den sammansatta pendelns svängningspunkt; han behöfver alls icke ligga inuti sjelfva massan, utan kan falla långt utom denna, såsom hos metronomen ofta är fallet.

Genom den s. k. reversionspendeln har man lyckats noga bestämma svängningspunktens afstånd från upphängningspunkten. Om man nämligen i svängningspunkten af en sammansatt pendel, bestående af en väl arbetad,

fyrkantig jernstång, anbringar en stålegg och låter pendeln svänga omkring denna, blir den förra upphängningspunkten nu svängningspunkt; man upprepar försöken så länge, tills svängningstiden blir den samma, på hvilken af de båda eggarna pendeln än hänger; afståndet emellan dem anger då pendellängden. Uppgår svängningstiden för båda eggarna till en sekund, är det lätt att finna sekundpendelns längd. Derutaf, att punkterna ombytas, har detta instrument erhållit namnet reversionspendel. Dess uppfinning tillskrifves den tyske fysikern Bohnenberger; emellertid har engelsmannen Kater, som ej kände till Bohnenbergers ide först gjort användningar deraf, som haft vigtiga följder för den fysiska geografins fullkomnande.



Fig. 83. Reversions-pendeln.

Foucaults pendelexperiment. Detta grundar sig på den allmänna lag, att en svängande eller roterande kropp eller en kropp, som rör sig på hvad sätt som helst i ett plan, alltid sträfvar att röra sig i samma plan eller, som man säger, bibehålla sitt rörelseplan oförändradt. Exempel på denna lag erbjudas oss i mängd från snurran, som håller sig balanserande på sin spets, så länge hennes rotation är tillräckligt hastig, till himlakropparna, som, huru de än kringföras i rymden, likväl alltid bibehålla sina rotationsaxlars riktning oförändrad.

Enligt samma lag sträfvar en svängande pendel alltid att genomlöpa samma bana, att bibehålla sitt svängningsplan oförändradt. Upphänges i punkten *a* (fig. 84) ena ändan af en tråd, som uppbär en tung kula *b*, och denna försättes i svängningar i ett visst plan, bibehåller hon riktningen af dessa svängningar oförändrad, äfven om ställningen, i hvilken hon är upp-

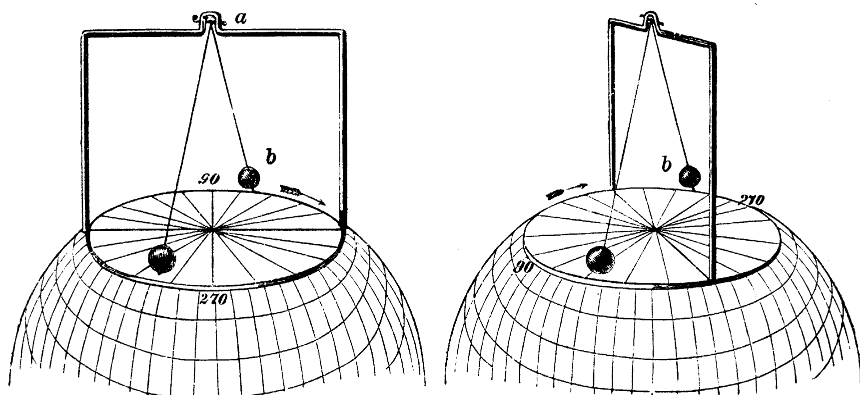


Fig. 84. Svängningsplanets oföränderlighet. Fig. 85.

hängd, stativet med cirkeln, vrides omkring sin axel ur läget 1 (fig. 84) till läget 2 (fig. 85) och så vidare ett eller flera hvarf. Kunde man upphänga en dylik pendel öfver en af jordens poler, skulle han således, om jorden verkligen vrider sig kring sin axel, skenbart förändra sitt svängningsplan,

eller, omvändt, om pendeln syntes förändra sitt svängningsplan på nämda sätt, skulle detta kunna antagas som ett bevis för jordens rotation.

Man kan visserligen ej upphänga pendeln midt öfver polen, men detta är ej heller nödvändigt. Fenomenet af pendelplanets skenbara vridning framträder vid hvilken breddgrad som helst, och vi ha valt polen endast som det för fenomenets förklaring enklaste fallet. Emedan jorden vrider sig åt öster eller för en person, som befinner sig på norra halfklotet, från höger till venster och för en person på södra halfklotet från venster till höger, måste tydligen pendelplanets skenbara afvikning norr om eqvatorn gå från venster till höger

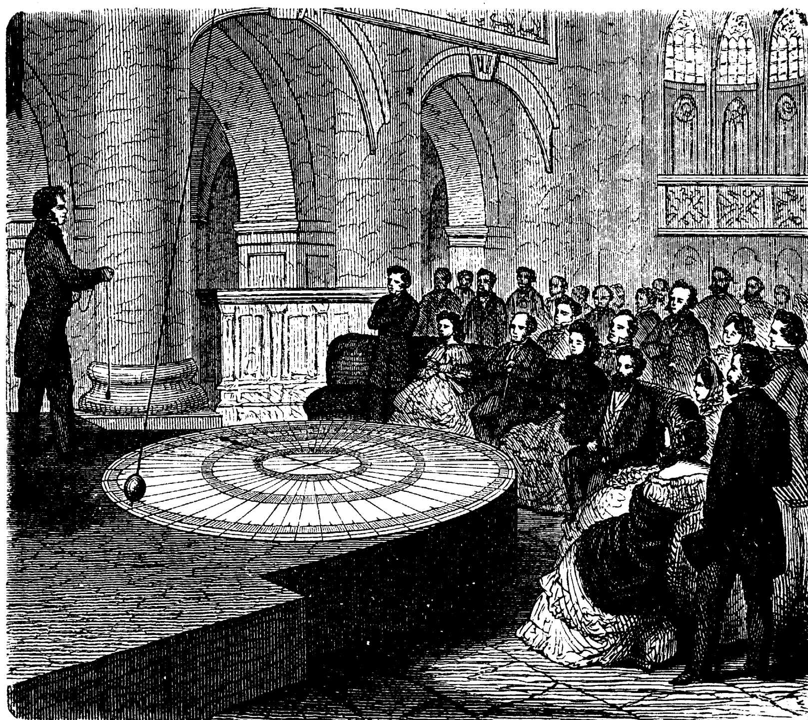


Fig. 86. Foucaults pendelexperiment för att bevisa jordens rotation.

och söder om eqvatorn tvärtom. Vid eqvatorn uppkommer af lätt insedda skäl ingen afvikning, och storleken af denna afvikning på en viss tid blir större, i samma mån man närmar sig polen, der hon på 24 timmar blir ett helt hvarf eller 360^0. Detta så ytterst enkla och första direkta bevis på jordens rotation, hvilket på en gång tillfredsställer vetenskapens och allmänhetens fordringar, framstäldes först af Foucault 1851. Att jorden är rund och på 24 timmar vänder sig omkring sin axel, betviflades visserligen ej då af någon med aldrig så liten bildning. Men det har emellertid funnits tider, då denna sanning varit betviflad och äfven tillskyndat sina bekännare martyrskapets ära.

Föreställningen om menniskans egen storhet hade nämligen under forna tider så nära sammanvuxit med föreställningen om vår jord såsom skapelsens medelpunkt, att läran om jordens rörelse och verldens omätlighet ej utan strid kunde vinna insteg. Redan långt före Kristus lärde Nicetas från Syracusa och Aristarkos från Samos jordens rörelse och jordbanans litenhet i jemförelse med fixstjernhimmelns omätlighet. Men under den nya och egendomliga riktning, som den europeiska bildningen vid kristendomens införande tog, gick denna enkla sanning förlorad. Kyrkofäderna blefvo genom sitt förakt för naturens studium okunnighetens apostlar. Lactantius säger, att ingen förnuftig menniska kan tro på jordens klotform, och han påstår sig kunna bevisa, att på andra sidan jorden ej finnes någon himmel. Kosmas förkastar den matematiska metoden såsom lämplig endast för narrar och bedragare och konstruerar jordens form efter förbundsarkens; han försäkrar derjemte, att till dem, som vilja vara kristna och ändå tro, att jorden är ett klot, skall Gud på den yttersta dagen säga: »Jag känner eder icke». Sådana menniskor må ej göra sig någon förhoppning om ett lif efter detta.

Sedan bekantskapen med forntidens literatur åter upplifvats, framstälde först Copernicus läran om jordens rörelse; men först med Galileis uppträdande och uppfinningen af tuberna erhöll hon tillräckliga fysiska bevis; ty för det väpnade ögat, som i vintergatan upptäckte en hel oändlighet af verldar, visade sig antagandet af jorden som orörlig och skapelsens medelpunkt vara en omöjlighet, och hvarken filosofins eller kyrkans bann kunde sedan undertrycka en lära, som stödde sig på verkliga iakttagelser. Ett enkelt och för allmänheten fattligt bevis för jordens rörelse saknades dock ännu, då Foucault framstälde nyss nämda pendelexperiment, som genast fann det lifligaste deltagande inom hela den bildade verlden och upprepades på flera ställen.

Foucault anstälde sitt första försök i ett källarhvalf med en messingskula om 11,7 skålpunds vigt, upphängd på en 6,7 fot lång ståltråd; sedermera upprepade han försöket med en längre pendel i meridianrummen i Paris' observatorium och slutligen i sjelfva Panteon. I Kölndomen gjordes försök med en pendel af 153 fots längd. I norra slottstornet i Upsala gjordes 1854 försök med en dylik pendel; den utgöres af en blykula om 50 skålpunds vigt, upphängd på en ståltråd af 64 fots längd.

Öfver allt, der observationerna utförts med tillräcklig noggranhet, har pendelplanets observerade vridning i det allra närmaste sammanfallit med den beräknade. Försöket kan utföras med en jemförelsevis kort och lätt pendel, men ju noggrannare resultat man önskar, desto längre och tyngre pendel erfordras. Ju tyngre kulan och ju långsammare hennes rörelse är, desto mindre åverkas nämligen hennes regelbundna gång af tillfälliga orsaker. För bättre öfversigt af svängningsplanets skenbara vridning meddelas följande tabell:

Ort	Latitud	Vridning på	
		24 timmar	1 timme
Nordpolen	90°	360°	15°
Upsala	59° 52′	311° 21′	12° 58′

Ort	Latitud	Vridning på 24 timmar	Vridning på 1 timme
Stockholm	59° 20′	309° 12′	12° 8′
Köln	50° 55′	279° 22′	11° 38′
Paris	48° 50′	274° 50′	11° 28′
Rom	41° 54′	243° 49′	10° 10′
Cayenne	4° 56′	31° 23′	1° 19′
Eqvatorn	0° 0′	0° 0′	0° 0′

Jordens afplattning. Redan på Aristoteles' tid ansågo de lärda, att jordens form alldeles icke motsvarade de äldsta kosmologernas fantastiska föreställningar. Pytagoras anses ha varit den förste, som bestämdt uttalat satsen om jordens klotform, men först den store filosofen från Stagira lyckades i någon mån leda detta påståendes riktighet i bevis.

Vore jorden ett fullkomligt klot, borde attraktionen från medelpunkten på föremål vid ytan vara den samma öfver allt, likaledes tyngdkraftens acceleration och sekundpendelns längd vara de samma öfver hela jorden. Detta antog man äfven såsom säkert ända till år 1672, ehuru Newton långt förut dragit jordens fullkomliga klotform i tvifvelsmål af skäl, för hvilka vi snart skola redogöra, och antagit, att jorden har en utsvällning vid eqvatorn eller, hvad som är det samma, en afplattning vid polerna. Riktigheten af detta antagande ha äfven senare, ytterst noggranna mätningar fullständigt ådagalagt.

Under nämda år företog den franske astronomen Richer en vetenskaplig resa till Cayenne. Då han här uppstälde sitt från Frankrike medförda pendelur, fann han, att det drog sig $2\frac{1}{2}$ minuter efter på dygnet, oaktadt det före afresan var noga justeradt. Då det inflytande, som olika temperatur och klimatiska förhållanden kunde ha på urets gång, med vetenskaplig noggranhet blifvit taget i beräkning, befans dock, att oafsedt dessa orsaker pendelns svängningar voro långsammare, än de under samma förhållanden skulle varit i Paris, och att uret, för att gå riktigt, erfordrade en förkortning af sekundpendeln med 0,8 linie. De noggrannaste undersökningar visade, att sekundpendelns längd i Paris var 0,8 linie större än i Cayenne, och deraf följer med nödvändighet, att tyngdkraftens acceleration är större i Paris än i Cayenne. Det låg nu nära till hands att antaga, att hon aftager mot eqvatorn och växer mot polerna. Detta är också fullkomligt riktigt, och en af orsakerna dertill är, att jordens form ej är ett fullkomligt klots, utan att hon vid eqvatorn har en större radie än vid polerna.

Nu mera är det på grund af upprepade och med vetenskapens alla hjelpmedel utförda gradmätningar bekant, att jordens diameter vid eqvatorn är ungefär 6 geografiska mil (4,16 svenska) längre än polardiametern. Den förra är ungefär 1719 och den senare 1713 geografiska mil, eller, hvad som är det samma, eqvatorialradien är 859,5 och polarradien 856,5 geografiska mil. För orter, som ligga emellan polen och eqvatorn, har jordradien något emellan ofvan

nämda gränsvärden liggande värde, och mot hvart och ett af dessa svarar en viss längd hos sekundpendeln. Denna är t. ex. för

S:t Thomas	under	0° 24′ 41″ N	: 33,381 tum
Jamaica	»	17° 56′ 47″ N	: 33,393 »
London	»	51° 31′ 8″ N	: 33,483 »
Stockholm	»	59° 20′ 34″ N	: 33,505 »
Spetsbergen	»	79° 49′ 58″ N	: 33,547 »

Jorden är således ej fullkomligt sferisk, utan har formen af en rotationssferoid. Samma pendel, som vid det skotska berget Shehalien lärde oss känna jordens vigt, kan äfven hjelpa oss bestämma hennes gestalt. Pendeln, hvilken utgör en af de enklaste apparater, som gerna kunna tänkas, har sålunda genom en sinnrik användning och en förståndig tolkning af de enkla fenomenen vid dess rörelse riktat vårt kunskapsförråd med några af dess underbaraste skatter. Med hans tillhjelp undersöka vi ej blott det bestående, sådant det nu är, och ställa jemförande pol och eqvator vid sidan af hvarandra, utan vi kunna äfven, liksom i ett förtrolladt fjerrglas, skåda in i försvunna tider, som ligga millioner år bakom oss, och göra oss en föreställning om den bildningsprocess, hvarigenom vår jord och de med henne i rymden kretsande stjernorna erhållit sin nu varande form. Ty begagna vi oss af den kännedom, vi vunnit om jordens form, och, fortsättande vår undersökning, fråga, under hvilka förhållanden jorden och de öfriga planeterna måste ha befunnit sig för att erhålla en så beskaffad form som den, de nu ega, ledas vi med nödvändighet till det antagandet, att de måste ha befunnit sig i glödande smält tillstånd.

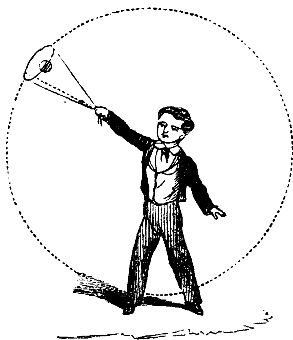


Fig. 87. Centrifugalkraftens verkan.

Den kraft, som bestämde dessa verldsdroppars från sferen afvikande form, var ingen annan än den s. k. centrifugalkraften.

Centrifugalkraften. Som bekant, betecknar man med detta namn den kraft, hvarmed en kropp, som roterar omkring en punkt, sträfvar att aflägsna sig från denna punkt. Man kan kringsvänga ett öppet, med vatten fyldt kärl så, att vätskan ej utrinner, äfven om öppningen står rakt nedåt. Tvärtom utöfvar hon i denna ställning hos kärlet ett betydligt större tryck mot kärlets botten, än då det står upprätt och befinner sig i hvila. Lägger man en kula på en skifva, såsom fig. 87 visar, kan skifvan med kulan kringsvängas, utan att den senare nedfaller. Hon tryckes i stället hårdare mot skifvan, i samma mån rörelsen blir hastigare. En sten, som bindes vid ett snöre och hastigt kringsvänges, kan slutligen afslita snöret. Tunga massor, som försättas i hastig rotation, såsom qvarnstenar, remskifvor och svänghjul, splittras stundom af samma orsak, hvarvid bitarna kringslungas med en utomordentlig kraft. De gamla romarna, som ännu ej kände till exploderande kroppar, gjorde i stället

bruk af centrifugalkraften vid sina kastmaskiner, hvarmed de slungade centnertunga stenar och brinnande facklor inom belägrade orter.

Centrifugalkraften är dock ej, som man på grund af det föregående möjligen skulle vara benägen att tro, någon särskild, från en viss kraftkälla härflytande kraft. Hon är nämligen endast en yttring af materiens tröghet eller framhärdighet, hvarmed vi, såsom redan är sagdt, förstå den egenskap hos den samma, att han alltid sträfvar att bibehålla sitt tillstånd, vare sig att detta

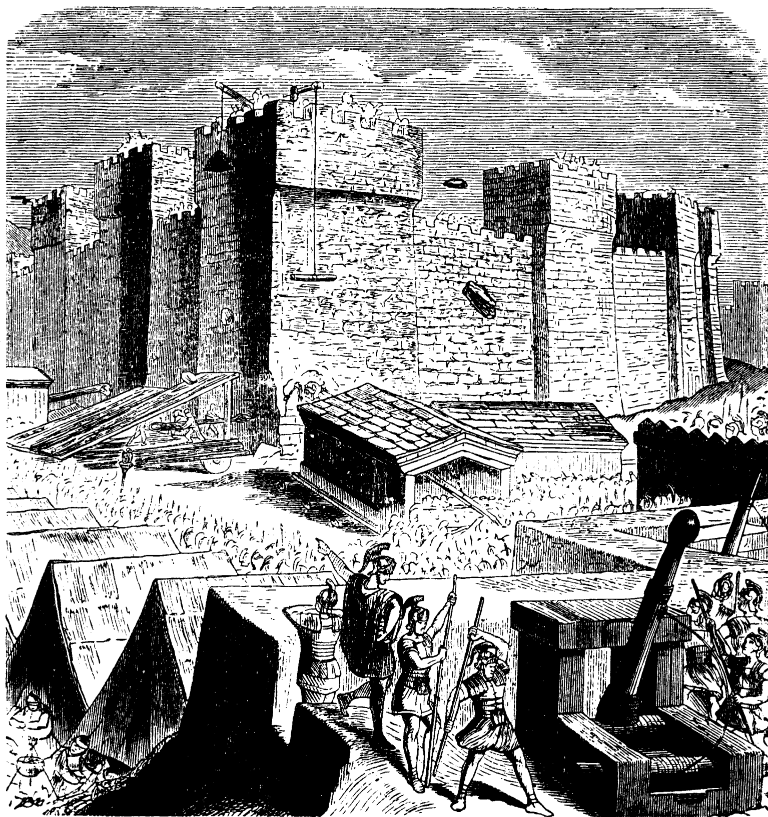


Fig. 88. Romerska kastmaskiner vid belägringen af Agrigent.

är hvila eller rörelse, och i senare fallet att han vill bibehålla sin rörelse oförändrad både i afseende på hastighet och riktning. Med centripetalkraft förstår man den från rotationscentrum utgående kraft, som hindrar kroppen att aflägsna sig från samma punkt. Denna kraft representeras i ofvan nämda exempel af trådens motstånd mot afslitning, i fig. 87 af skifvans motstånd mot kulan o. s. v. Vi skola nu syselsätta oss med den kraft, som åstadkommer rotationen, vare sig att hon utgöres af muskelkraften i våra armar, elasticiteten i kastmaskinens lina, vind- eller vattenkraften, som drifver qvarnstenen,

ångkraften, som sätter svänghjulet i gång, eller den ännu obekanta drifkraft, som gifvit himlakropparna deras rörelse.

Om en kropp påverkas af en enda kraft och sedan öfverlemnas åt sig sjelf, antager han en rätlinig rörelse; men detta fall förekommer aldrig i naturen. Der uppträda alltid flera krafter jemte hvarandra, och om en bland dessa ständigt är riktad mot en och samma punkt, kan hon, om hon är tillräckligt stark, tvinga kroppen att rotera i en bana, hvars medelpunkt den nämda punkten är.

I allmänhet kallas denna kraft centripetalkraft och är i de allra flesta fall en yttring af tyngden eller den allmänna gravitationen. Månen rör sig med den honom en gång för alla meddelade hastigheten och roterar omkring jorden, hvars attraktion, tyngden, håller honom, liksom med en osynlig tråd, på ett bestämdt afstånd från jorden. På samma sätt går jorden tillika med de andra planeterna, stora och små, omkring solen, och solen sjelf utgör e

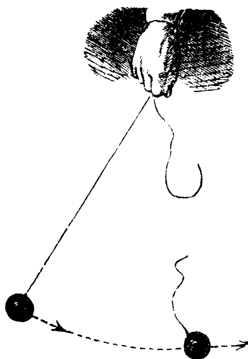


Fig. 89. Rörelse i tangentens riktning.

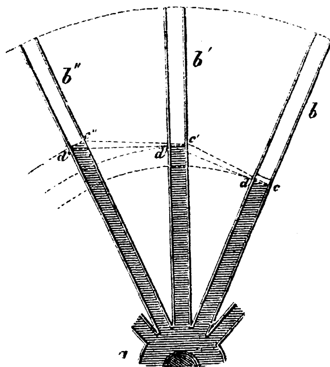


Fig. 90. Rörelse i radiens riktning.

heller den orörliga medelpunkten för verlden, utan rör sig framåt med hela sitt planetsystem och beskrifver tillika med en oräknelig här af andra solsystem en bana kring någon för oss ännu obekant punkt i rymden.

Så snart attraktionen eller centripetalkraften upphör och kroppen öfverlemnas åt sin egen framhärdighet, får han genast en rätlinig bana och rör sig då i den tangents riktning, i hvars beröringspunkt han befann sig, då centripetalkraften upphörde att verka (fig. 89). Han aflägsnar sig således allt mer från den punkt, som förut utgjorde centrum för hans bana. Härutaf namnet centrifugalkraft. Att en kropp under centrifugalkraftens inflytande äfven kan aflägsna sig i radiens riktning, är tydligt af fig. 90. Ett med vatten fyldt rör *b* svänges från höger till venster kring punkten *a*, så att det med de af de punkterade linierna *cc′* och *dd′*, *c′c″* och *d′d″* uttryckta hastigheterna ankommer till *b′*, *b″* o. s. v. Då röret antager läget *b*, har vattenytan i punkterna *c* och *d* en hastighet, som till storlek och riktning representeras af de nämda punkterade linierna, och vattenpartiklarna sträfva på grund af sin framhärdighet att bibehålla denna riktning och hastighet oförändrade. När röret intager lä-

get b', har vattenytan derför läget $c'd'$. Hvad som gäller för vattenpartiklarna på ytan, gäller tydligen äfven för vattenmassan i hela röret. Hon stiger således utåt, »flyr från medelpunkten», såsom namnet centrifugalkraft antyder.

Med ju större hastighet en kropp rör sig kring en viss punkt, desto större är ock, under för öfrigt oförändrade förhållanden, den kraft, hvarmed han sträfvar att aflägsna sig från medelpunkten. En mjuk kropp, som roterar kring en genom den samma gående axel, måste derför utvidga sig der, hvarest dess rotationshastighet är störst, emedan hans massa der har största benägenheten att aflägsna sig från rotationsaxeln.

I jordens utsvällning under eqvatorn och afplattning vid polerna ha vi ett resultat af denna krafts verkan. I formen af planeten Saturnus framträder detta fenomen ännu skarpare. Rotationen hos denna planet är så stark, att eqvatorialzonen genom centrifugalkraften lösslitits från den öfriga planeten och bildar ett kring den samma fritt sväfvande system af ringar, som endast genom attraktionen är förbundet dermed. Plateau har på artificiel väg eftergjort Saturnus' bildning på det sätt, att han i vatten hält stora droppar af en blandning af terpentin, vax o. d., hvilken haft alldeles samma specifika vigt som vattnet, och sedan bragt dessa droppar i en hastig rotation. Lyckas man bringa en sådan droppe i rotation kring hans geometriska axel, ser man honom först utvidga sig på midten och sammandraga sig vid polerna, och om hastigheten ökas tillräckligt, afskiljer sig ett bälte på midten och omger den öfriga kärnan på samma sätt, som ringen omger Saturnus. Är rörelsen ej fullkomligt regelbunden, eller rubbas rotationsaxeln, förlorar ringen sin regelbundna form: han blir tjockare på ett ställe, som ligger längst ifrån rotationsaxeln, hans massa drar sig småningom allt mer till detta ställe, tills han slutligen brister på det midt emot liggande och förvandlas till ett klot, en måne, som går omkring sin planet. Sannolikt är, att planeternas drabanter alla bildats på samma sätt, och meteorstenarna äro troligen ingenting annat än lemningar af dylika söndersprungna ringar.

Centrifugalkraftens användning i tekniken är ej mindre intressant än hennes uppträdande i naturen och förekommer på de mest olika områden. Med tillhjelp af hastigt roterande hjul tvingar man upp vattnet till betydande höjder. Centrifugalpumpar konstrueras på mångfaldigt olika sätt. Liksom alla kroppar, är äfven luften underkastad centrifugalkraftens inverkan, och luftpumpar eller blåsmaskiner konstrueras derför efter samma grunder som centrifugalpumparna. De storartade luftpumpar, som användas vid den pneumatiska paketbefordringen i London och till hvilka vi i ett följande kapitel återkomma, grunda sig på samma princip.

Centrifugalkraftens verkan utgör dessutom inom maskinbygnadskonsten ett utmärkt medel att reglera maskiners hastighet. De s. k. centrifugalregulatorerna utgöras af två tunga kulor *BB* (fig. 91), hvilka medelst två stänger äro fästa vid en axel. Denna axel drifves af den kraftmaskin, hvars hastighet skall regleras, en turbin, ett vattenhjul, en ångmaskin eller dylikt.

Kulorna deltaga i axelns rotation och stiga högt upp eller sjunka längre ned allt efter den hastighet, som meddelas dem af kraftmaskinen. Då kulorna höja eller sänka sig, skjuta de en hylsa *S* upp eller ned på axeln. Begagnas regulatorn att reglera en ångmaskins hastighet, är med hylsan förbunden en häfstång, som öppnar eller sluter en ventil i det rör, som leder ångan från pannan till cylindern, på det sätt, att en förändring i maskinens hastighet ögonblickligt korrigerar sig sjelf. Om kraften af någon anledning är för svag, så att hastigheten minskas, sänka sig kulorna och öppna ventilen, hvarigenom mer ånga påsläppes. Ökas hastigheten för mycket, stiga kulorna och minskas ångtilloppet, hvarigenom hastigheten åter nedgår till den normala. Äfven till reglering af hastigheten hos vattenhjul och turbiner kan centrifugalregulatorn användas.

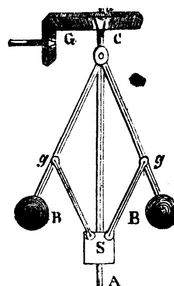


Fig. 91. Centrifugal-regulator.

C e n t r i f u g a l t o r k m a s k i n e n utgör en mera omedelbar användning af centrifugalkraften. Antag, att vi vilja torka ett vått plagg. Vi skulle beröfva det en stor del af dess fuktighet derigenom, att vi hastigt kringsvängde det, liksom man skakar regnet ur ett plagg. Centrifugaltorkmaskinen verkar nu på samma sätt, ehuru med större kraft och regelbundenhet, hvarigenom också en långt fullständigare effekt uppnås. Maskinen består hufvudsakligen af en ihålig cylinder *AA* (fig. 92), hvilken medelst en kugghjulsutvexling kan sättas i en mycket hastigt roterande rörelse kring sin axel *B*. I vår figur utgöras de rörelsen öfverförande maskindelarna af remskifvorna *D*, *D'*, *D'*, hvilka stå i förbindelse med hvar sitt af kugghjulen *E*, *E' E'*, hvilka ingripa i kugghjulen *F*, *F'*, *F''*. Då tändernas antal är olika så väl i kugghjulen *E*, *E'*, *E''* som i *F*, *F'*, *F''*, kan tydligen utvexlingsförhållandet, och således äfven maskinens hastighet, förändras. *G* är en skifva, som löper löst på sin axel, och på denna öfverföres drifremmen, då maskinen skall stanna. Medelst remledaren *H* föres remmen på hvilken af skifvorna man önskar. Beskaffenheten af cylinderns vägg är afpassad efter det material, för hvilket maskinen är afsedd. För tyg, garn, ull o. d. är han af kopparplåt, som är genomborrad med fina hål; i sockerfabriker användas torkmaskiner, der cylindern utgöres af en fin metallduk.

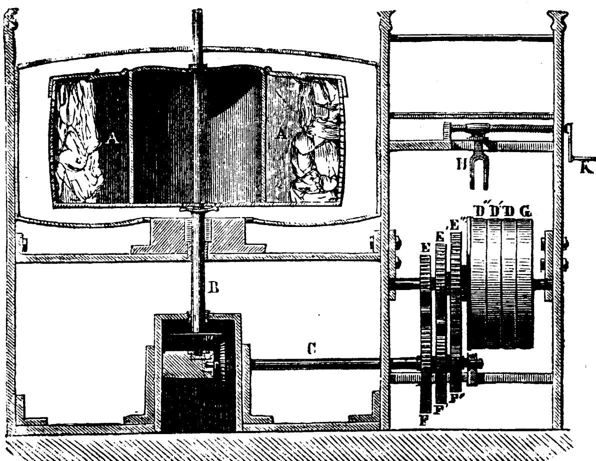


Fig. 92. Centrifugalmaskin.

Vid maskinens begagnande har man ingenting annat att göra än att så likformigt som möjligt utefter cylinderns väggar fördela de våta ämnena, som skola torkas, hvarefter maskinen sättes i gång. Fuktigheten tränger ut mot den yttre periferin och utkastas genom hålen i cylindern, medan det qvarblifvande innehållet sammanpressas till en temligen torr massa. Maskinens arbete är så fullständigt, att man på ett par minuter uppnår samma torrhetsgrad, hvartill vid vanlig torkning skulle erfordras lika många timmar.

Om äfven de nu nämda centrifugalmaskinerna ej äro af så framstående vigt, att deras uppfinning gjort epok i industrins eller vetenskapens historia, ha de dock här gifvit oss anledning att taga en öfverblick af en hel mängd företeelser i naturen och från en ny sida studera det märkvärdiga sammanhang, som förenar de särskilda delarna i universum till ett stort harmoniskt helt.

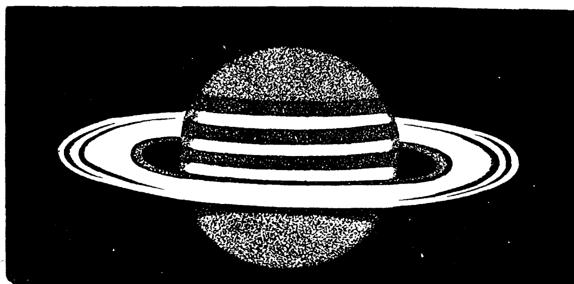


Fig. 93. Saturnus med sitt ringsystem.



Barometern och manometern.

Iakttagelse af en brunngräfvare i Firenze. — Horror vacui. — Torricellis försök. — Lufttrycket och lagen derför. — Atmosferen. — Höjdmätning på Puy de dôme. — Barometern. — Dos- och häfvarbarometern. — Aneroidbarometern. — Manometern. — Den mariotteska lagen. — Barometerobservationer.

Det berättas, att en brunngräfvare i Firenze en gång fick i uppdrag att förfärdiga en sugpump, medelst hvilken vatten skulle uppbringas till en betydlig höjd. Pumpen gjordes på vanligt sätt och med all omsorg, men då han skulle begagnas, visade sig, att vattnet i röret ej kunde uppsugas till mer än omkring 34 fots höjd. Samma egendomlighet visade sig vid flera upprepade försök, och man tvangs till det antagandet, att denna företeelse ej hade sin grund i någon felaktighet hos apparaten, utan berodde af en hittills obekant naturlag.

Galilei, som redan då hade ett stort namn som naturforskare, anmodades att förklara det märkvärdiga fenomenet, och enligt mångas påstående skulle han ha upptäckt den verkliga orsaken; andra åter låta honom affärda brunngräfvaren med ett svar, hvari vi alls icke igenkänna hans logiska snille: »Horror vacui har äfven sina gränser.» Horror vacui? Redan äldre tiders fysiker kände till sådana företeelser som vattnets uppstigande i rör genom

sugning, vinets i stickhäfverten, när den öfre öppningen tilltäppes med fingret, och andra, till hvilkas förklaring man antog, att naturen hade »en afsky för tomrum», på latin horror vacui, i följd hvaraf hon alltid och allestädes sträfvade att fylla hvarje tomrum med det ämne, som var närmast till hands, vanligast luft eller vatten.

Denna besynnerliga föreställning hade allt för länge varit rådande, att det skulle fallit någon in att tvifla på dess sanning, i synnerhet som man då ännu ej lärt sig att anställa noggranna försök.

Hvilket svar än Galilei må ha gifvit brunngräfvaren, kunna vi dock vara förvissade om, att den store mannen sjelf ej trodde på horror vacui, ehuru det är ovisst, om han ännu vunnit riktig kännedom om det nämda fenomenet. Man påstår, att Descartes var den förste, som insåg, att denna orsak var lufttrycket. Han skulle således ha gjort en af de värdefullaste upptäckterna inom fysiken.

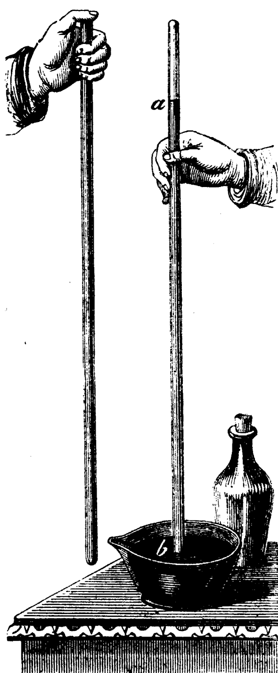


Fig. 95. Torricellis försök.

Men tillhör än första tanken Galilei eller Descartes, var dock Torricelli, Galileis mest framstående lärjunge, den förste, som genom experiment framlade tydliga bevis för lufttryckets verkan, och vetenskapen hedrar honom derför också med rätta som grundläggare af en ny teori.

År 1643 eller 1644 anstälde Torricelli i Firenze det försök, som ännu i dag utföres på samma sätt. Han tog ett tjockt glasrör af omkring 3 fots längd, som var tillsmält i ena ändan och så pass vidt, att öppningen kunde tilltäppas med ett finger. Detta rör fylde han helt och hållet med qvicksilfver, tillslöt sedan öppningen med fingret, så att vid omstjelpning ingenting kunde utrinna, och förde denna öppning ned under ytan i ett med qvicksilfver fyldt kärl. Då han nu borttog fingret från öppningen och stälde röret lodrätt (fig. 95), varseblef han, att qvicksilfret deri sjönk till en viss punkt *a*, och så ofta han upprepade försöket, låg denna punkt alltid lika högt öfver qvicksilfversytan *b*. Antingen röret var 3 eller 6 fot högt, upptog qvicksilfverspelaren deri alltid en höjd af omkring 25 tum. Den del af röret, som var ofvanför qvicksilfret, var fullkomligt tom, ty qvicksilfret i det större kärlet hade hindrat luftens tillträde dit. Detta tomrum heter ännu i dag det torricelliska tomrummet. Der fans ett vacuum, men naturens horror derför hade funnit sin gräns.

Torricelli drog nu den slutsatsen, att, då vattnet i pumpröret steg till högst 34 fot, men qvicksilfret i glasröret endast till 25 tum och vattnets specifika vigt förhöll sig till qvicksilfrets omvändt som dessa höjder $1 : 13{,}6 = 25 : 340$, orsaken till fenomenet i båda fallen vore ett yttre tryck, och vi-

dare att detta med full noggranhet angåfves genom trycket af en vattenpelare af 34 fot eller en qvicksifverspelare af 25 tums höjd. »Det är atmosferen, som utöfvar trycket», sade Torricelli; »luften är en tung kropp; hon har en vigt och trycker med denna vigt mot jorden, på samma sätt som hafvets vatten trycker mot dess botten.»

Dessa försök gjorde ett oerhördt uppseende i den lärda verlden och väckte i synnerhet hos den berömde franske matematikern Pascal ett lifligt intresse. Han lät i Rouen 1648 i stor skala utföra talrika experiment med vätskor af olika specifik vigt, såsom vin, olja o. s. v., och alla resultaten bekräftade på det mest lysande sätt Torricellis påstående. År 1667 utgaf Pascal från trycket sina rön, och i de båda afhandlingarna »Om vätskors jemvigt» och »Om lufttrycket» framstälde den store matematikern på ett klart och bevisande sätt sammanhanget mellan de hit hörande principerna. Iakttagelsen, att luften var en tung kropp, var dock ej helt och hållet ny, ty redan Aristoteles på sin tid hade anmärkt, att skinnsäckar hade en större vigt, då de voro fylda med luft, än då de vägdes tomma. Emellertid hade denna sanning ännu ej blifvit fullt utredd och följaktligen hittills varit helt och hållet ofruktbar för vetenskapen.


Fig. 96. Torricelli.

Vilja vi nu sammanfatta och taga en öfverblick af det hufvudsakligaste, som framgår ur Torricellis försök, träda följande sanningar oss till mötes.

Hvarje luftpartikel har en vigt, derför måste hela atmosferen ega tyngd, och emedan han har en bestämd utsträckning, måste han äfven ha en bestämd tyngd, med hvilken han trycker på hvarje punkt af jordytan. Atmosferen är ett lufthaf, hvars yta ligger högt öfver oss och böjer sig liksom hafvets yta omkring jordens medelpunkt. Vi lefva på detta hafs botten och äro i detta hänseende att förlikna vid kräftorna, som krypa omkring på bottnen af en sjö. Ytan af detta lufthaf är jemn; de högsta berg på jorden uppstiga ej deröfver, utan äro blott djupt liggande ref, mot hvilka luftströmmarna bryta sig. Liksom vattnets tryck från alla sidor påverkar deri simmande kroppar, på samma sätt förhåller det sig äfven med lufttrycket; men liksom fiskarna i vattnet ej märka detta tryck, lika så märka ej heller vi någonting af det ansenliga tryck, som från alla sidor utöfvas på oss.

Liksom bottnen i ett med vatten fyldt kärl har att uthärda ett större tryck än en punkt högre upp, öfver hvilken hvilar en vattenpelare af mindre höjd, lika så är äfven atmosferens tryck mindre på bergstopparna än i de djupa dalarna. Om vi kunde hvarftals upplägga en stor ullmassa, så att deraf blefve ett helt berg, skulle vi få se, att de nedersta lagren tätt sammantrycktes af

de öfver dem liggandes tyngd; ju högre upp, desto mindre blefve tätheten, ända till det öfversta hvarfvet, der ullen låge helt lös i följd af sin egen elasticitet, som här af ingenting påverkades. På samma sätt förhåller det sig med luften. Hon låter i hög grad sammantrycka sig; närmast jordytan, der hon tryckes af den deröfver hvilande luftmassan, har hon derför sin största täthet; men denna aftager, ju högre upp vi förflytta oss, och luften blir allt tunnare. Om atmosferens aftagande täthet vid en större höjd öfver jordytan kan man öfvertyga sig, om man vid bestigning af ett högt berg för med sig luft i en tillsluten flaska eller blåsa. Man märker då, huru denna luft utvidgar sig i följd af den omgifvande luftens mindre spänstighet. Denna luftens utvidgningsförmåga, som gör, att hon, liksom alla gaser, utbreder sig inom så stort rum, som erbjudes henne, beror deraf, att den repellerande kraften mellan molekylerna allt jemt sträfvar att aflägsna dem ifrån hvarandra. Tyngdkraften, som motverkar detta sträfvande, söker draga molekylerna mot jordens medelpunkt, och då hvarje luftpartikel påverkas af denna kraft, blir den sammanlagda verkningen af de öfver hvarandra liggande lagren ett ganska betydligt tryck.

Emellertid kan luften, liksom de öfriga gaserna, sammanpressas i ännu högre grad, än som eger rum vid jordytan. I ett lufttätt rör t. ex. kan man med en kolf sammanpressa luften, så att hon intar en mycket mindre volym än förut. Ju större sammantryckning man vill åstadkomma, desto större kraft erfordras naturligtvis, och de tryck, som man måste använda för att sammanpressa en viss luftmassa till mindre volymer, förhålla sig till hvarandra omvändt som dessa volymer, under förutsättning att luftmassans temperatur under sammantryckningen ej undergår någon förändring. Om för att sammanpressa en viss luftmängd till hälften af dess ursprungliga volym behöfs ett tryck af 50 skålpund, erfordras 100 för att drifva sammantryckningen till $^1/_4$ och 200, för att hon skall nedgå till $^1/_8$ af hvad hon först var. Vi få sålunda följande förhållanden: $^1/_8 : {}^1/_4 : {}^1/_2 = 50 : 100 : 200$. Denna vigtiga lag upptäcktes egentligen 1660 af Boyle och hans lärjunge Richard Townley, hvarför engelsmännen ock med rätta kalla honom Boyles lag. Mariotte, efter hvilken vi kalla honom Mariottes lag, anstälde senare och troligen med kunskap om sina föregångares arbeten sina försök och kom till samma resultat.

Denna lag gäller ej blott, då trycket är större än det atmosferiska, utan äfven då det är mindre.

Atmosferen. Återgå vi nu till en betraktelse af den jorden omgifvande luftmassan, gäller vår första fråga hennes höjd öfver jordytan. Hade luften allt igenom samma täthet, skulle man, med kännedom om hennes vigt, lätt kunna beräkna afståndet till atmosferens gräns. Då detta emellertid ej är händelsen, utan tätheten aftager vid större höjd öfver jordytan, och mariotteska lagen, att en gasmassas volym vid oförändrad temperatur är omvändt proportionel mot det tryck, hvarför hon är utsatt, ej heller oinskränkt kan tillämpas, kan man blott ungefärligen beräkna atmosferens höjd. Man antager den vara 7 till 9 svenska mil. Det är i förhållande till jordens storlek knapt så

mycket som ett lager af ett tunt knifsblads tjocklek utbredt öfver ett stort kägelklot.

En qvicksilfverspelare af 25,6 tums höjd och en qvadrattums genomskärningsarea samt en vattenpelare med samma bas af 34,8 fots höjd väga hvardera 21,4 skålpund. Då nu den luft, som trycker på en qvadrattums yta, förmår hålla jemvigt mot denna tyngd, måste följaktligen en luftpelare från jordytan till atmosferens gräns och med nämda genomskärning äfven väga 21,4 skålpund. Lufttryckets storlek på en qvadratfots yta blir således 2 140 skålpund, på en svensk qvadratmil 27 773 000 000 centner och på hela jordytan 178 483 000 000 000 000 centner. Som vi sett, är lufttrycket olika på olika höjder; man har derför till utgångspunkt för dylika beräkningar antagit det tryck, som atmosferen utöfvar vid hafvets yta.

Höjdmätningar. Redan 1643 skall man i Toscana hafva användt det då nyss uppfunna torricelliska röret till mätande af bergshöjder, och 1647 anmodade Pascal, för att pröfva och utvidga sina egna rön, en sin slägting Périer att anställa undersökningar af lufttrycket på det nära staden Clermont i Auvergne belägna Puy de dôme, ett öfver 4 700 fot högt berg. Den omständighet, hvarmed då för tiden dylika experiment måste företagas, gjorde detta berg, som låg i närheten af en folkrik stad, särdeles lämpligt derför. Men försöket kunde ej utföras förr än i september 1648. Périer uppmätte då först lufttrycket medelst två torricelliska rör i det vid foten af berget belägna paulinerklostrets trädgård och fann qvicksilfverspelarens höjd i hvartdera röret utgöra 26 paristum 3 $^1/_2$ linier (24,6 tum). Ett af dessa rör qvarlemnades på stället för att observeras, det andra medtogs af Périer till toppen af Puy de dôme. Här förnyades experimentet, och man fann nu, att qvicksilfret endast stod 23 paristum 2 linier (21,7 tum) högt. »Detta resultat», säger Périer, »satte oss alla i förvåning. Vi upprepade experimentet fem särskilda gånger på bergets topp under olika förhållanden, med apparaten dels betäckt, dels obetäckt, utsatt för vinden och skyddad derför, vid olika väderlek, men alltid med samma utgång. Vid nedstigandet gjorde man ännu en observation mellan bergets topp och klosterträdgården, då qvicksilfverspelaren befans vara 25 paristum hög. Då expeditionen återkom till utgångspunkten, fann man, att qvicksilfverspelaren i det qvarlemnade instrumentet bibehållit sin höjd af 26 paristum 3 $^1/_2$ linier, äfvensom att det från Puy de dôme medförda nu åter visade samma resultat. Orsaken till qvicksilfverspelarens förändrade höjd måste alltså ligga i den förra observationsortens högre läge och det der rådande mindre lufttrycket.

Följande dag gjorde Périer två nya observationer, först i ett enskildt hus i den högst belägna delen af staden, andra gången från tornet af kyrkan Notre-dame. Till och med vid dessa obetydliga höjdskilnader angaf qvicksilfrets sjunkande minskningen af lufttrycket, och alla i Clermont anstälda experiment bekräftade fullständigt de af Torricelli och Pascal dragna slutsatserna. Man hade funnit, att vid en stigning af 7 famnar (toises) qvicksilfverspelaren föll $^1/_2$ linie, vid 27 famnars höjd 2 $^1/_2$ linier, vid 150 famnar 15 $^1/_2$ linier och vid

500 famnar $37\frac{1}{2}$ linier (1 famn eller toise = 6,5646 sv. fot, 1 par. fot = 12 par. tum = 144 par. linier = 1,0941 sv. fot).

Périer iakttog i qvicksilfvershöjdens aftagande en regelbundenhet, som borde göra det möjligt att beräkna det samma. »Jag hoppas», skrifver han i sin redogörelse till Pascal, »att jag en dag skall kunna lemna er en tabell, som anger skilnaderna i qvicksilfvershöjden för hvar hundrade meter.» Emellertid var det torricelliska röret för det anförda ändamålet ännu ett ofullkomligt instrument, och då Bouguer 1743 återkom från Peru och grundade sina höjdmätningar på de barometerobservationer, han gjort i Anderna, kom han till den öfvertygelsen, att hans formel blott var användbar för mycket betydliga höjder. Man hade nämligen hittills ej tagit i beräkning värmets inverkan på luftlagrens utvidgning, ej heller det inflytande, som centrifugalkraften vid olika breddgrader utöfvar på luftens tyngd, och kunde derför ej erhålla noggranna resultat för mindre höjder, der temperaturen är utsatt för betydliga vexlingar. Bouguer utfann ett sätt att beräkna värmets inflytande. Något senare anstälde Ramond i Pyreneerna vidlyftiga undersökningar för att beriktiga barometerformlerna, hvarpå Laplace sedan grundade sin beräkning, enligt hvilken formeln för höjdmätningar med barometern erhöll den gestalt, han ännu i dag har. Dermed var den fysiska geografin i besittning af ett nytt och vigtigt hjelpmedel. Hade man förut ej haft någon annan utväg att mäta höjder än mycket besvärliga, ofta alldeles outförbara trigonometriska mätningar, för att ej nämna några andra ofullkomliga metoder, kunde nu hvarje resande, hvarje bergvandrare med temlig lätthet anställa några snart gjorda undersökningar för att mäta den uppnådda höjden. Nyttan af denna mätningsmetod låg i öppen dag och måste ha det vigtigaste inflytande på utvecklingen af den fysiska geografin, geologin, växtgeografin, med ett ord kännedomen om jorden i allmänhet. Genomläser man Humboldts arbeten, skall man förvånas öfver de utomordentliga fördelar, jordkunskapen skördat af den nya mätningsmetoden. Om man genomser de hypsometriska tabeller öfver jordytan, som angifva särskilda punkters höjd öfver hafsytan, skall man finna en fullständighet i uppgifter, som gör det möjligt att utföra de noggrannaste plastiska afbildningar af det andra halfklotets bergsträckningar, om man också aldrig med egna ögon sett dem, och de flesta af dessa uppgifter ha erhållits med tillhjelp af qvicksilfverspelaren.

För att kunna göra säkra beräkningar är det emellertid nödvändigt att vid experimenten iakttaga vissa försigtighetsmått, af hvilka vi här vilja omnämna några.

Ett hufvudvilkor är, att rummet ofvanför qvicksilfret verkligen blir lufttomt. Om man blott, såsom vi förut för framställningens korthet antogo, fyller röret med qvicksilfver och sedan omstjelper det, aflägsnas ej luften fullständigt derur. Hon har den egenskapen att fästa sig vid kropparnas yta, sålunda äfven vid den inre ytan af glasröret, hvarför ett tunt luftlager lägger sig emellan glaset och metallen, då denna hälles i röret. Då qvicksilfret sjunker, utbreder sig denna luft i det så kallade torricelliska tomrummet och ut-

öfvar derigenom ett om än obetydligt tryck på qvicksilfverspelaren. För att förekomma detta skadliga inflytande måste man först upphetta röret och derpå hastigt nedföra öppningen i qvicksilfret, så att inga nya luftpartiklar hinna fästa sig dervid.

Vidare måste äfven den bäst inrättade apparats uppgifter korrigeras, ty luftens olika temperatur verkar förändring i qvicksilfversvolymen, och det är klart, att qvicksilfver vid 20° temperatur är lättare och stiger högre i röret än vid 0° under för öfrigt oförändrade förhållanden. Dessutom inverkar luftens fuktighet på trycket, och man måste taga detta inflytande med i räkningen. För att kunna göra behörigt afseende på alla dessa inflytelser måste man vara i stånd att noga beräkna dem, och för detta ändamål har äfven vetenskapen anvisat lämpliga metoder, med ledning af hvilka mekaniker utfört apparater, som visa en allt större fulländning.

Barometern. Man var redan tidigt betänkt på att underlätta försöken med torricelliska röret, så att äfven de i vetenskapen oinvigda skulle kunna utföra dem, och derför framstälde man apparaten under den sammanhängande form, som han sedan fått behålla. En sådan apparat kallas barometer (tyngdmätare) och är, då han nu mera blifvit nästan en nödvändighetsartikel, väl bekant för hvar och en bland våra läsare.

En af de första barometrar var den, som utfördes af Otto von Guericke, den berömde borgmästaren i Magdeburg, hvars fysikaliska uppfinningar berättiga honom till en plats vid sidan af hans samtida Torricelli. Detta instrument bestod af ett långt, upptill slutet glasrör, i hvilket vatten intog qvicksilfrets plats. På den öfre vattenytan flöt en menniskofigur, som med handen på en skala utpekade vattenpelarens höjd.

I det hela är barometern ett så enkelt instrument, att de olika konstruktionssätten endast förete mycket liten olikhet. De allra flesta grunda sig på det torricelliska röret, och först i senare tider har man vid konstruerandet af de s. k aneroidbarometrarna följt en annan princip. Den med Torricellis apparat närmast beslägtade är den s. k. dosbarometern, hvilken egentligen ej är någonting annat än en förening af det torricelliska röret *ab* i fig. 95 och ett kärl med qvicksilfver på ett stativ, utgörande antingen en låda af metall eller en träskifva, som man kan upphänga i lodrät ställning. Det nedre qvicksilfverskärlet har vanligen formen af en vid flaska, i hvars hals röret är infogadt. Genom en liten öppning på öfre sidan kan man hälla på qvicksilfver. Stativet uppbär en skala, på hvilken man kan afläsa skilnaden mellan den öfre och nedre qvicksilfversytan. På finare instrument äro dessutom vanligen vid stativet anbragta en termometer och en fuktighetsmätare för att kunna kontrollera observationerna.

Så ändamålsenliga än dessa instrument visade sig, gjorde dock det nedre kärlet eller dosan dem olämpliga att transportera. Det hufvudsakliga vid hvarje barometerobservation är iakttagande af höjdskilnaden mellan qvicksilfversytan i röret och i det kärl, hvari röret nedgår. Men då qvicksilfversytan i röret sjunker och qvicksilfver således rinner ut ur röret i kärlet, stiger ytan i detta

senare. Då nollpunkten af den skala, på hvilken qvicksilfverspelarens höjd afläses, tydligen bör sammanfalla med den nedre qvicksilfversytan och denna är föränderlig, skulle således ej en fast skala kunna användas utan att gifva felaktiga afläsningar. Denna olägenhet kunde visserligen undvikas derigenom, att man gåfve det nämda kärlet så stor diameter, att de små qvicksilfversmängder, som utrunne ur röret, ej i någon nämnvärd grad höjde ytan i det samma. Men ett kärl af så stora dimensioner blefve obeqvämt att transportera.

Fortin har genom en sinnrik konstruktion, som han gifvit det nedre kärlet, sökt afhjelpa denna olägenhet. I hans dosbarometer (fig. 97) utgöres bottnen *b* af en skinnpåse, som med en skruf kan höjas eller sänkas, hvarigenom man äfven kan höja och sänka qvicksilfversytan i glasbehållaren *D D*, så att man alltid kan hålla henne vid samma höjd *a*. Röret nedgår så djupt i behållaren, att dess öppning alltid befinner sig under qvicksilfversytan. Då denna barometer skall transporteras, upptryckes qvicksilfret med bottenskrufven, så att det fyller så väl röret *C* som behållaren till den öfre bottnen *A*. Men ju mera invecklad en apparat är, desto svårare är han att begagna. Man fann det derför snart vara bättre att helt och hållet undvara det nedre kärlet. Barometrar af detta slag kallas häfvarbarometrar med anledning af den häfvarformigt böjda nedre delen; de äro försedda med två skalor, en vid den öfre och en vid den nedre ytan.

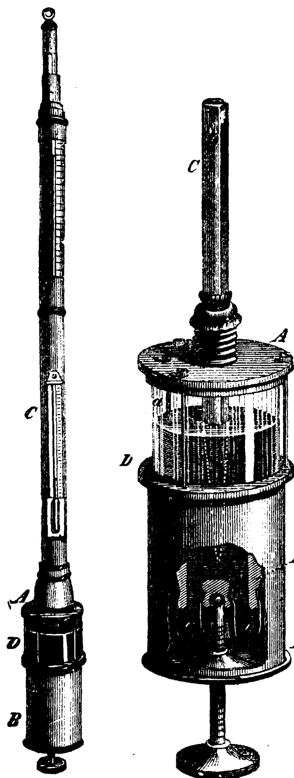


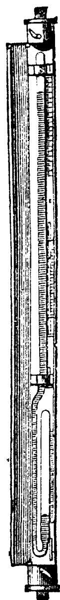
Fig. 97. Fortins dosbarometer.

De vanliga häfvarbarometrarna äro böjda glasrör med öfver allt samma vidd, hvarigenom qvicksilfversytan stiger i det öppna röret lika mycket, som hon sjunker i det tillslutna, och tvärtom. På sådana, som äro afsedda för finare observationer, tillkomma dessutom vissa apparater, olika allt efter sina olika ändamål. En af de allmännaste häfvarbarometrarna är den, som fig. 98 framställer. Han inneslutes i en stark kapsel, som vid forsling skyddar röret. Hans nedre häfvarformiga del är i något förstorad skala afbildad i fig. 99. Man ser här, att de båda benen äro förenade genom ett smalare rör; afsigten med denna konstruktion, som härleder sig från Gay-Lussac, är att vid instrumentets transporterande hindra luften att inkomma i det öfre rörets tomrum. Qvicksilfversmängden är nämligen så afpassad, att, äfven då barometern omvändes, det trängre röret fylles deraf. Skulle emellertid genom skakning på resor inträffa, att någon luft inkommer i röret, uppstår dock häraf intet skadligt inflytande i följd af den förbättring, som Bunten anbragt på Gay-Lussacs barometer. Hon består deruti, att det fina röret är utdraget i

en spets, hvilken, såsom på Fortins dosbarometer, nedgår i qvicksilfret i den U-formiga delen. Om nu någon luft inkommer, stannar hon i den nedre delen, hvarifrån hon lätt kan aflägsnas och der hon dessutom ej kan göra någon skada. Rörets förlängning har intet inflytande på de af instrumentet angifna barometerhöjderna.

På det kortare benet, som äfven är slutet, befinner sig vid *a* en fin öppning, hvarigenom luften kommer åt att trycka på qvicksilfversytan, men genom hvilken qvicksilfret ej kan utrinna. Instrumentet kan sålunda vändas om och bringas i det för transporteringen beqvämare läge, som fig. 100 utvisar.

Ett hufvudvilkor vid barometrars förfärdigande så väl som vid deras användande till observationer af lufttrycket är, att endast rent qvicksilfver användes till rörets fyllande. Orent, med bly eller andra metaller uppblandadt qvicksilfver är ej nog lättrörligt, hänger sig gerna fast vid glaset och bildar med tiden fällningar, som försvåra observationerna. Men äfven med det bästa qvicksilfver händer, att någonting afsättes och gör glaset dunkelt på det ställe, der qvicksilfversytan vanligen står, hvarför man här använder samma försigtighetsmått som vid finare vågar: man arreterar instrumentet, då det ej begagnas, d. v. s. man bringar det ur dess vertikala läge i ett lutande, så att qvicksilfret flyter upp i öfre ändan af röret.


Fig. 98.

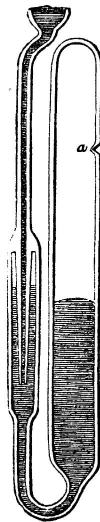


Fig. 99.


Fig. 100.

Gay-Lussacs häfvarbarometer.

Ju vidare barometerröret är inuti, desto noggrannare observationer medger instrumentet. Mycket fina rör eller s. k. hårrör utöfva på vätskor, hvari de nedsänkas, en af vätskornas och rörens beskaffenhet beroende olika verkan: kapillaritet eller hårrörskraft. I beröring med ämnen, som fuktas af vätskan, yttrar hon sig som en uppsugning (vatten i rena glas- och metallrör, i växtcellerna o. s. v.), med sådana, som ej fuktas, som en nedtryckning, depression (vatten i feta, olja i fuktade rör o. s. v.), och vätskeytans förändring genom denna kapillarkraft är så mycket större, ju trängre röret är.

Qvicksilfret fuktar ej glaset; vid dess införande i trånga glasrör uppkommer sålunda en depression, som gör dess yta bugtig eller konvex, såsom fig. 101 visar. Ökas lufttrycket, blir ytan bugtigare, minskas det, blir hon jemnare. För att utröna den verkliga barometerhöjden måste man derför beräkna henne från högsta punkten af denna båge och alltid göra afseende på kapillaritetens inflytande. För detta ändamål har man för bekanta diametrar matematiska formler, uppgjorda efter talrika observationer.

Till s. k. normalbarometrar tagas mycket vida rör, der kapillariteten nästan försvinner.

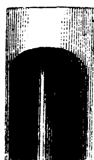


Fig. 101. Kapillardepression.

Vid konstruktionen af den vanliga barometern, som hufvudsakligen användes till angifvande af väderleken, är en så ytterlig noggranhet ej behöflig, då hans egentliga ändamål endast är att angifva, huru vida barometerhöjden ökas eller minskas. Bland dessa påträffar man stundom några af egendomlig inrättning.

En af de mest bekanta är hjulbarometern (fig. 102). Det är en häfvarbarometer, der qvicksilfvershöjden i det kortare, öppna röret mätes och medelst en visare angifves på en cirkelformig och graderad skifva. Visarens rörelse på skifvan åstadkommes på följande sätt. På visarens axel sitter en snörskifva, kring hvilken upplindas en tråd, som i hvardera ändan uppbär en liten vigt. Den tyngre af dessa vigter nedhänger i det kortare barometerröret och flyter på qvicksilfret. Då nu lufttrycket ökas, nedtryckes denna qvicksilfverspelare; vigten sjunker med det samma och den lättare vid trådens andra ända höjes, hvarvid snörskifvan och visaren vridas. Vid aftagande lufttryck upplyftes åter den tyngre vigten, och visaren vrides åt annat håll.

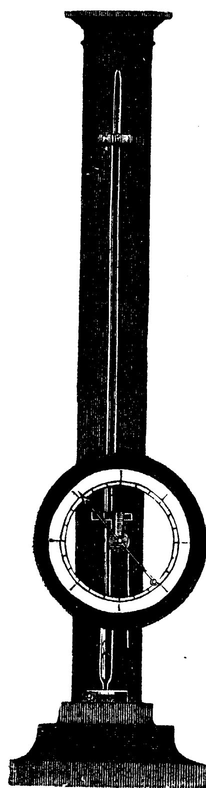


Fig. 102. Hjulbarometer.

Andra, s. k. dubbelbarometrar, uppmäta lufttrycket genom den kortare pelarens höjd på ett annat sätt, som redan angafs af Huyghens. Det kortare benet utlöper ofvantill i ett fint, likformigt rör, och rummet öfver qvicksilfret är fyldt med en färgad vätska, som uppstiger till en viss höjd i detta trängre rör. Då lufttrycket ökas och qvicksilfret stiger i det längre röret, faller det i det kortare, och den färgade vätskan sjunker i följd af rörets ringa diameter ett betydligt stycke. Lika så stiger hon mycket högt, då mera qvicksilfver utkommer ur det längre i det kortare. Barometrar af detta slag måste derför ha en skala med motsatt gradering.

Den vanligaste indelning af skalan är i tum och linier; men för barometrar, som skola tjena till vetenskapliga ändamål, är indelningen i centimeter och millimeter; 760 millimeter (256′ dec.-linier) antagas som barometerns medelstånd vid hafsytan.

Aneroidbarometern. Detta slags barometer, som i sin första form uppfans af fransmannen Vidi (1844), innehåller alls intet qvicksilfver. Vidi utgick från den tanken, att den elastiska bottnen af en tillsluten dosa, som kunde göras lufttom, borde genom det yttre lufttrycket mer eller mindre inpressas allt efter skilnaden mellan det yttre och inre trycket. Hans barometer består hufvudsakligen af en lufttom, hermetiskt tillsluten metalldosa, på hvars

elastiska botten ena armen af en fin häfstång stöder sig. Den genom förändringen i lufttrycket åstadkomna rubbningen i den tunna bottnens ställning angifves på en efter en tillförlitlig qvicksilfversbarometer uppgjord skala, der lufttryckets storlek kan afläsas i tum och linier. Detta instrument, som till skilnad från de gamla qvicksilfversbarometrarna fått namnet aneroidbarometer, har visat sig ganska tillförlitligt och känsligt. Det tar föga rum och har en beqväm form, hvarför det befunnits särdeles användbart, i synnerhet på resor.

År 1845 gjorde en tysk ingeniör Schinz en uppfinning, som han lät mekanikern Rosskopf i Koblenz utföra, men hvilken lemnades utan afseende ända till 1850, då Bourdon, en mekaniker i Paris, upptog och lät patentera henne. Sedan dess kallas den efter Schinz' princip utförda apparaten Bourdons aneroidbarometer, ehuru parisaren ej kan göra anspråk på att vara dess förste uppfinnare. Bourdon blef 1859 af den franska handelsdomstolen dömd till skadeersättning åt Vidi, emedan dennes patent gälde i allmänhet för kärl med elastiska väggar, och det nyss beskrifna instrumentet, hvilket Bourdon låtit patentera, måste hänföras till samma kategori.

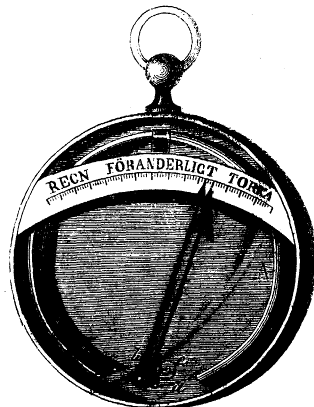


Fig. 103. Aneroidbarometer.

Den ide, som ligger till grund för Schinz' apparat, är ganska sinnrik och förstås lätt af beskrifningen på det i fig. 103 afbildade instrumentet. Dess hufvudbeståndsdel är ett ihåligt, kretsformigt böjdt metallrör af elliptisk genomskärning, som dock ej utgör en fullständig krets och i midten är fäst vid en dosa. Röret är af tunn, elastisk messing, lufttätt tillslutet i ändarna och dess inre gjordt så lufttomt som möjligt. Då nu ett starkare lufttryck verkar på ringen, måste hans yttre yta röna ett större inflytande deraf än den inre, emedan den förra är större än den senare; följden häraf blir, att den elastiska ringen blir trängre. Vid minskadt lufttryck blir han i samma förhållande vidare. Afsmalningen och utvidgningen öfverföras vid *a* och *b* medelst en häfstångsförbindning och en elastisk fjäder *c* på en visare, hvilken anger förändringarna i lufttrycket på en efter en normalbarometer graderad cirkelbåge. Aneroidbarometrarna ha på den senare tiden mycket fullkomnats och kommit allt mera i bruk. På utställningen i Paris 1867 såg man dylika, förfärdigade af Beck i London, hvilka till form och storlek mycket liknade våra vanliga fickur. Inom detta lilla rum var hela apparaten med allt sitt tillbehör sammanträngd, och dock var, trots det minutiösa utförandet af de särskilda delarna, hans känslighet så stor, att, när man flyttade aneroiden från hans plats i utställningsrummet till en ställning, som var ungefär två manshöjder högre upp, visaren angaf den obetydliga skilnaden i lufttrycket mellan dessa båda höjder.

Manometern. Då luft af högre tryck än den yttre luftens inpressas i ett böjdt, elastiskt rör, sträfvar det att räta ut sig, och denna företeelse är

analog med den, hvarpå aneroidbarometerns konstruktion grundar sig, ehuru der det tryck, som åstadkommer en formförändring, verkar utifrån inåt och derför åstadkommer en böjning i stället för en sträckning. Bourdon har konstruerat tryckmätare efter nämda princip äfven för sådana fall, då det tryck, som skall uppmätas, är större än atmosferens. Då nu på ångmaskiner, uppvärmningsapparater, blåsmaskiner och blästerledningar m. fl. tillställningar sådant tryck förekommer och på dess storlek beror ej blott en maskins regelbundna arbete eller den riktiga gången af en teknisk process, utan äfven arbetarnas säkerhet till lif och lem, är tydligt, att dess säkra och beqväma uppmätning är af yttersta vigt.

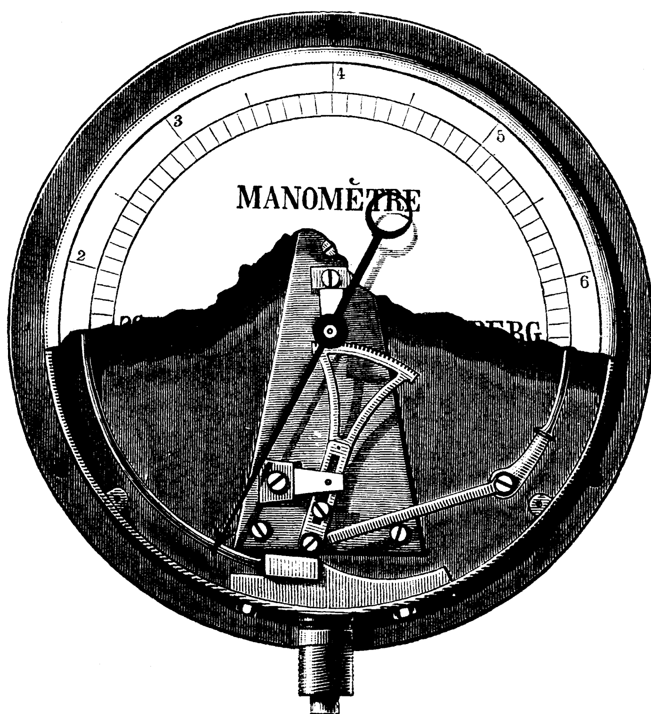


Fig. 104. Metallmanometer efter Bourdons system.

De instrument, som begagnas till sådana mätningar, kallas manometrar. En dylik, konstruerad efter Bourdons princip, visas i fig. 104. Han utgöres hufvudsakligen af ett rör af samma form som aneroidbarometerns, inneslutet i en metalldosa. Detta rör måste vara fullkomligt lufttätt, men behöfver ej vara lufttomt, och dess inre står i förbindelse med det rum, der trycket skall uppmätas. På det rör, som förbinder manometern med nämda rum (hvilket kan utgöras af en ångpanna, en väderlåda till en blåsmaskin o. d.) och till en del synes å figurens nedersta del, är alltid en kran anbragt, hvarigenom denna förbindelse efter behag kan afstängas eller öppnas. Då trycket här verkar inifrån utåt, måste rörelserna ske i alldeles motsatt riktning mot rörets i aneroidbarometern, d. v. s. röret sträcker sig till en mindre böjd form, då trycket ökas, och böjer sig mer, då trycket minskas. För att man skall kunna tydligt afläsa dessa rörelser, är en visare anbragt på axeln till ett litet kugghjul, som ingriper i ett kuggsegment, hvilket åter medelst en dragstång står i förbindelse med den fria ändan af röret. Vid rörets sträckning eller böjning öfverföres således rörelsen af rörets fria ända enligt lagen för häfstån-

gen till det lilla kugghjulet på visarens axel och förorsakar en motsvarande vridning af visaren, som spelar öfver en graderad skala och sålunda omedelbart anger trycket inuti röret.

Några år efter Schinz, men förr än Bourdon erhöll patent å sin metallbarometer, nämligen 1849, tog ingeniören Schäffer patent å en manometer, som har mycken likhet med Vidis aneroidbarometer. Schäffer lät nämligen det tryck, som han ville uppmäta, verka, ej på insidan af väggarna i ett elastiskt rör, utan på en elastisk platta, hvilken ång- och lufttätt afspärrar det rör, hvarigenom instrumentet står i förbindelse med rummet, der trycket skall uppmätas. Den anordning, han valt, tydliggöres fullkomligt af fig. 105. *H* föreställer här det inre rummet af dosan, hvilken genom den vågformigt böjda stålplattan *A* är lufttätt afdelad i två rum. I denna dosas undre del inmynnar röret *G*, som vi kunna tänka oss stå i förbindelse med en ångpanna, hvars ångtryck skall uppmätas. Stålplattan *A* är således nedifrån utsatt för ångtrycket och på öfre sidan för det atmosferiska trycket. Rummet öfver *A* står nämligen i förbindelse med det inre af det rum, som innehåller visaren och den mekanism, hvarigenom rörelsen öfverföres till honom från stålplattan. För att hindra stålplattan att rosta har man försett henne med en tunn silfverbeläggning. Hon är medelst skrufvar fastklämd mellan flensarna *F*, och förbindningen mellan dessa och plattan är på det omsorgsfullaste tätad. Flensskrufvarnas lossnande af sig sjelfva är genom särskilda anordningar förhindradt. På den elastiska plattan *A* hvilar ett stycke *B*, som deltager i hennes rörelse och medelst en stång öfverför den till kuggsegmentet, som ingriper i det på visarens axel sittande

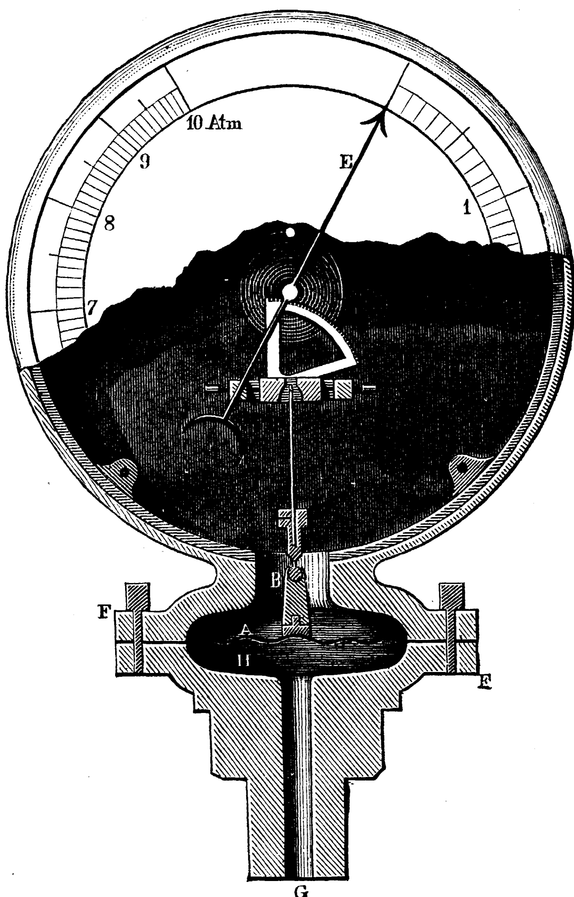
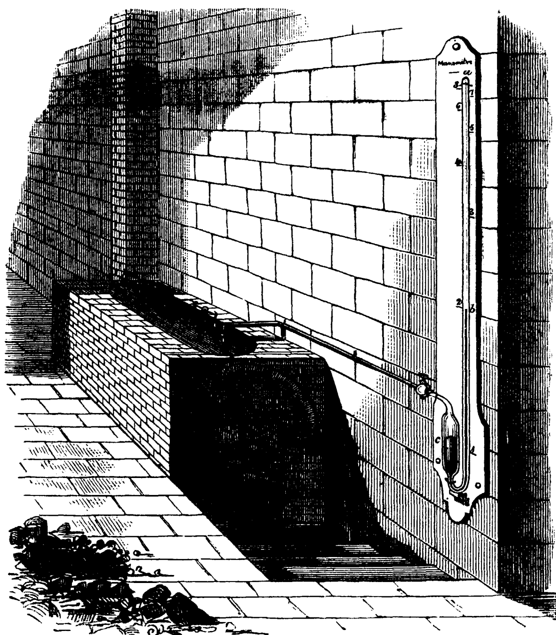


Fig. 105. Schäffers metallmanometer.

kugghjulet. Visaren spelar öfver en på lådans yttersida anbragt skala och anger sålunda trycket på undre sidan af stålplattan. En fin spiralfjäder verkar på visarens axel och håller det på den samma sittande kugghjulets tänder i ständig beröring med tänderna i kuggsegmentet, så att äfven de minsta rörelser hos stålplattan angifvas af visaren. Dylika manometrar uppgraderas genom jemförelse med en tillförlitlig qvicksilfversmanometer. Deras skalor äro ofta uppgraderade ända till 10 atmosferers tryck och deras elastiska plattor afprofvade med dubbla trycket, så att deras formförändringar alltid hålla sig inom elasticitetsgränsen för det material, hvaraf de äro gjorda.

Schäffers patent är öfvertaget af firman Schäffer & Budenberg i Bockau-Magdeburg, hvilken förser de flesta europeiska länder med dylika manometrar. Utom i tyska och österrikiska städer har fabriken kommissionärer i England och Ryssland, och dess manometrar erhålla en allt vidsträcktare användning, så att det antal apparater af detta slag, som nu äro i bruk, uppgår till omkring 200 000.


Fig. 106. Qvicksilfversmanometer.

Som bekant, uppskattar man ett ångtryck vanligen i ett visst antal atmosferer. Då nu en atmosfers tryck är 2 143 skålpund på qvadratfoten och ångtryck användes ända upp till 10 atmosferer och derutöfver, inses lätt, hvilket betydande tryck en ångpanna kan hafva att motstå samt huru förfärliga ångans verkningar kunna blifva, då trycket öfverstiger pannans motståndsförmåga. Häraf inses äfven, huru vigtig manometerns rol är och huru nödvändig han är vid hvarje ångpanna.

Enligt mariotteska lagen är en luftmassas volym vid oförändrad temperatur omvändt proportionel mot det tryck, för hvilket hon är utsatt. För att sammanpressa en luftmassa af den yttre luftens tryck eller en atmosfer till halfva volymen måste man således använda ett tryck af 2 atmosferer = 4 286 skålpund på hvar qvadratfot eller 42,86 skålpund på hvar qvadratdec.-tum. Vill man sammantrycka henne till $^1/_4$ af hennes ursprungliga volym, måste man använda ett tryck af 4 atmosferer o. s. v. Denna lag är visserligen ej absolut riktig, men gäller dock inom vissa gränser med en för praktiska behof

fullt tillräcklig noggranhet, och man använder honom äfven för konstruktion af ett annat slags manometrar. Om ett i båda ändar öppet, U-formigt böjdt glasrör, som till en del är fyldt med qvicksilfver, med sin ena ända sättes i förbindelse med det inre af en ångpanna och ångan sålunda har tillfälle att trycka på den ena qvicksilfversytan, måste tydligen, då ångan har en atmosfers tryck, qvicksilfret i rörets båda ben stå lika högt, emedan den yttre luften likaledes utöfvar en atmosfers tryck. Stiger trycket i ångpannan, uppdrifves qvicksilfret i det ena röret, så att höjdskilnaden mellan båda ytorna blir 256 linier för hvarje atmosfer, hvarmed ångtrycket öfverskjuter det yttre trycket. Vid två atmosferers ångtryck står således den fria qvicksilfversytan 256 och vid tre atmosferers 512 linier o. s. v. högre än den andra. En sådan manometer skulle dock, i synnerhet om han vore afsedd för högre ångtryck, erhålla betydande dimensioner och derför bli obeqväm och bräcklig. För att i någon mån afhjelpa dessa olägenheter igenblåser man den ena ändan af glasröret och låter rummet ofvan qvicksilfret innehålla luft, så att, då ett ångtryck af en atmosfer verkar på den ena qvicksilfversytan, båda ytorna stå lika högt. Vid högre ångtryck blir den inneslutna luften mera sammantryckt, i samma mån trycket är större, och genom att förse en dylik manometer med en passande skala är det tydligen möjligt att direkt afläsa ångtrycket. Fig. 106 visar en manometer af denna konstruktion samt det sätt, hvarpå han vanligen anordnas. Den slutna qvicksilfversmanometern upptager visserligen mindre utrymme än den öppna, men i följd af det starka tryck, hvarför han är utsatt, samt glasets bräcklighet är han temligen farlig.

Barometerobservationer. Öfvergå vi nu till en kort redogörelse för barometerobservationer i allmänhet, ha vi först att lemna beskrifning på sättet att utföra höjdmätningar med barometer.

Om barometerståndet vid hafsytan är 760 millimeter, är det vid en höjd af 35 fot öfver hafsytan 759 millimeter, d. v. s. barometern faller i det närmaste 1 dec.-linie, då man höjer sig 100 fot. Nu äro enligt mariotteska lagen de nedre luftlagren mera sammantryckta och följaktligen tyngre än de öfre. För att få barometern att falla ännu 1 linie, måste man således ytterligare uppstiga ett stycke, som är något mer än 100 fot o. s. v. På matematisk väg har man utvecklat en formel, vid hvilken man tagit i beräkning den nämda korrektionen, och enligt denna formel är medelbarometerståndet vid en höjd öfver hafvet af

1 500	sv.	fot	239	decimallinier.
3 000	»	»	227	»
6 000	»	»	203	»
9 000	»	»	182	»
18 000	»	»	133	»
27 000	»	»	84	»

Med en orts medelbarometerstånd menar man den barometerhöjd, som der skulle erhållas vid 0° temperatur, om atmosferen befunne sig i full-

komlig hvila; men detta har man i naturen sällan eller aldrig tillfälle att observera. Barometerhöjden röner nämligen inflytande af en mängd tillfälliga orsaker, som på åtskilliga sätt påverka qvicksilfret. Temperaturens fuktighetshalt, vindens riktning och styrka, solens och månens attraktion äro hvar för sig faktorer, som hafva ett ganska märkbart inflytande på ett så känsligt instrument som barometern. Och dessa krafter äro aldrig i hvila. Om någon eller några af dem för en kort tid äro mindre verksamma, kunna de andras verksamhet vara så mycket starkare. Häraf förorsakas barometerståndets variationer, hvarpå barometerns användning som medel att förutsäga väderleken beror. På grund af talrika och under en lång tid fortsatta observationer har man uppgjort en skala, som dock är mycket sväfvande och otillförlitlig och ej anger barometerhöjden i tum och linier, utan är graderad på helt annat sätt. Skalan är nämligen indelad i flera fält, som vanligen betecknas med: »vackert», »beständigt», »ostadigt», »mycket tort», »regn och blåst», »mycket regn», »storm»; stundom har hon till och med en afdelning för »jordbäfning». Med dylika skalor äro vanligen de i handeln förekommande barometrarna försedda. Den del af skalan, som motsvarar en orts medelbarometerstånd, betecknas med den sväfvande benämningen »ostadigt».

Berodde väderleken endast på lufttrycket, skulle tydligen barometern vara en ofelbar väderleksprofet; men värme och fuktighet äro två faktorer, som ega ett stort inflytande på väderleksförändringarna, medan de dock på barometern ej utöfva inflytande annat än i den mån, de inverka på lufttrycket. Vi skola längre fram vidröra sättet för vindarnas uppkomst, huru de uppstigande luftströmmarnas blandning med de öfre luftlagren förorsakar regn, snö och hagel och ger upphof åt blåst och storm. En luftström, som rör sig uppifrån nedåt, åstadkommer tydligen en tillökning i lufttrycket på den under liggande jordytan, liksom en uppåt gående luftström förorsakar en minskning i trycket. Den förra bidrager således att öka, den senare att minska barometerståndet. Än är den ena luftströmmen förherskande, än den andra, och stundom kan den enas verkan upphäfva den andras, hvaraf inses, att ganska olika orsaker kunna framkalla samma barometerstånd.

I denna oregelbundenhet har man dock medelst flitiga forskningar lyckats upptäcka en viss lag. Man har gjort barometerobservationer för hvarje dag, till och med för hvarje timme, och en sammanställning af dessa observationer visar ett regelbundet återkommande största och minsta barometerstånd, ett maximum och ett minimum af lufttrycket. Om man grafiskt betecknar de för hvarje timme observerade barometerhöjderna bredvid hvarandra eller, såsom det verkligen nu mera sker, låter barometerns öfre qvicksilfversyta fotograferas på ett derför särskildt prepareradt papper, som helt sakta rör sig bakom barometerröret, erhåller man bilden af en vågrörelse, hvilken tydligen ger till känna vågrörelsen i det stora lufthafvet. Härför är det dock ej tillräckligt att fortsätta observationerna under några dagar eller veckor; först efter en lång följd deraf blir det möjligt att uppvisa tillvaron af dessa periodiska variationer. På föranstaltande af Humboldt upprättades ett hela jorden

omfattande system af meteorologiska stationer, hvarest flera gånger om dagen barometerobservationer göras, och en sammanställning af dessa offentliggöres tid efter annan.

Genom dessa observationer har man nu erhållit dels dagliga, dels årliga variationer. Barometerståndets maximum- och minimumvärden äro ej de samma för alla punkter af jordklotet; men alla observationsserier sammanstämma deruti, att barometerståndet är högst ungefär kl. 10 e. m. och lägst omkring kl. 4 f. m. Från detta sitt lägsta stånd stiger barometern vanligen till omkring kl. 10, hvarpå han å nyo sjunker till kl. 4 e. m., då han intager ett nytt minimum, hvarefter han temligen hastigt stiger mot natten. Den dagliga vågrörelsen utgör således två vågor och två vågdalar. I de tropiska länderna är regelbundenheten i detta afseende så stor, att man, enligt Humboldt, kan bestämma tiden efter barometerhöjden utan att taga fel på mer än 15 till 17 minuter. Hos oss förändras läget af maximum- och minimumpunkterna något med årstiderna.

Den årliga vågrörelsen visar sitt högsta läge under vintern och sitt lägsta under sommarn. Anledningen härtill är utan tvifvel luftens genom solen förorsakade olika uppvärmning och de upp- eller nedstigande luftströmmar, som häraf uppkomma. Sålunda utgör Torricellis enkla instrument ett medel ej blott att uträkna afståndet till medelpunkten af den planet, vi bebo, utan äfven att studera ebb och flod i det lufthaf, som omger honom.



Luftbalongen och luftseglingen.

Flygmaskiner. — Luftbalongen — Bröderna Montgolfier. — Deras första balong. — Charles' balong på Marsfältet. — Montgolfierer och charlierer. — Pilâtre de Roziers och markis d'Arlandes första luftresa. — Charles' och Roberts uppstigning. — Blanchards resa öfver Kanalen. — Fallskärmen. — Greens resa från England och nedstigning i Nassau. — De intressantaste af senare tiders luftseglingar. — Arban. — Coxwell. — Gypson. — Nadar och le Géant. — Luftseglingens nytta och utsigter. — Gay-Lussacs och Biots expedition. — Styrningsförsök.

»Vore jag en liten fågel!» heter det ofta, och i otaliga variationer klingar denna önskan genom alla nyare folks sentimentala dikt. Forntidens folk, som i sin naivetet öfver hufvud mera sällan råkade ut för konflikten mellan

önskningar och omöjligheten att få dem uppfylda, lemnade äfven föga insteg åt denna längtan att täfla med sparfven och höken. Exemplet af Ikaros, som skaffat sig ett par vingar och med vax fäst dem vid sina skuldror för att flyga upp till solen, men, då han redan kommit henne temligen nära, ömkligen lemnades i sticket af sin bristfälliga mekanism, afhöll dem från dylika försök. Kanske funno de också de vanliga befordringsmedlen fullkomligt tillräckliga för sina behof.

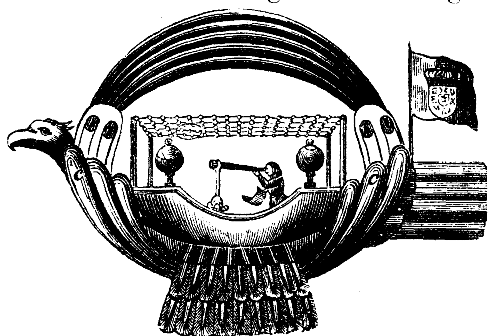


Fig. 108. Laurents luftfartyg, efter en teckning från år 1709.

De egentliga försöken inom luftseglingen tillhöra den nyare tiden, och det är framför allt fransmännen, som med ifver slagit sig på utbildningen af detta storartade lekverk, ty något annat var det i början icke.

Flygmaskinerna. De första bemödanden, som gjordes att härma fåglarnas flygt, sökte äfven använda deras medel och uppfinna inrättningar, som skulle fullkomligt motsvara deras flygapparat. Liksom skeppsbyggare ansett fiskkroppen som den bästa modellen för ett fartyg, bygde man äfven efter fågelkroppens inrättning maskiner, hvilka man, troligen för att göra likheten så fullständig som möjligt, utrustade med verkliga fjädrar. Detta synes rätt tydligt af det luftskepp (fig. 108), som Laurent i början af förlidet sekel föreslog. Andra, som utgingo från den åsigten, att menniskan till sin organisation är mera befryndad med läderlappen än med örnen, använde i stället för vingfjädrar hinnor af tunna, fasta substanser. Men allesammans strandade på den nedslående erfarenheten, att den menskliga muskelkraften ej är tillräcklig att lyfta den egna kroppen upp i luften och der hålla honom qvar, i synnerhet som luften är ett så tunt element, att hon mot apparatens rörelser endast gör ett obetydligt motstånd. Lyckades det honom också att för ett ögonblick höja sig upp, skulle det dock fordras en oerhörd hastighet i rörelser, för att kroppen ej skulle falla. Hvilken kraft i armar eller ben måste ej utvecklas för hvar gång de långa vingarna måste höjas! Vore problemet möjligt att lösa, torde den utväg, som fig. 21 antyder, vara den enda, som lemnar någon utsigt att nå målet.

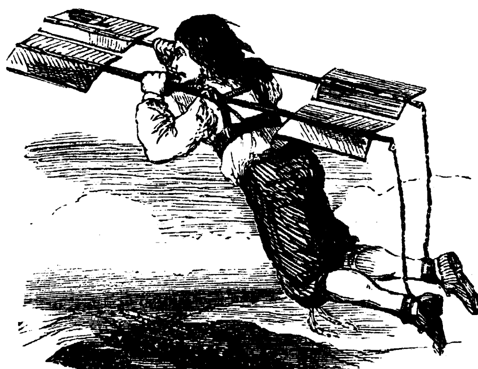


Fig. 109. Den flygande Besnier.

Här är ej stället att närmare skärskåda de många olika flygförsök, som verkligen blifvit gjorda, och de ännu talrikare och mångfaldigare prospekter och förslag, som af brist på penningar ej blifvit utförda. Liksom perpetuum mobile, dyker äfven flygmaskinen oupphörligt upp på nytt. Det är ett ganska eget, men af många iakttagelser styrkt sakförhållande, att medan det hufvudsakligen är skomakare, bankrutterade köpmän och afskedade militärer, som grubbla på perpetuum mobile, äro flygmaskinens uppfinnare till största delen att söka bland skräddare, smeder, advokaternas skrifvarbiträden och detta slags mekaniker, för hvilka ingenting är omöjligt. En sådan var nu äfven, för att blott nämna ett exempel, den unge Besnier, en låssmed från Sablé i Frankrike. Denne unge man väckte 1786 allmän uppmärksamhet. Hans maskin bestod af en inrättning, liknande en bår, som han fäst på axlarna. Två stänger bildade apparatens hufvuddelar. De rörde sig midt öfver axlarna i gängor; hvarje stångarm hade i sin yttre ända ett vinglikt underlag af taft, som upptog jemnt hälften deraf. De båda främre

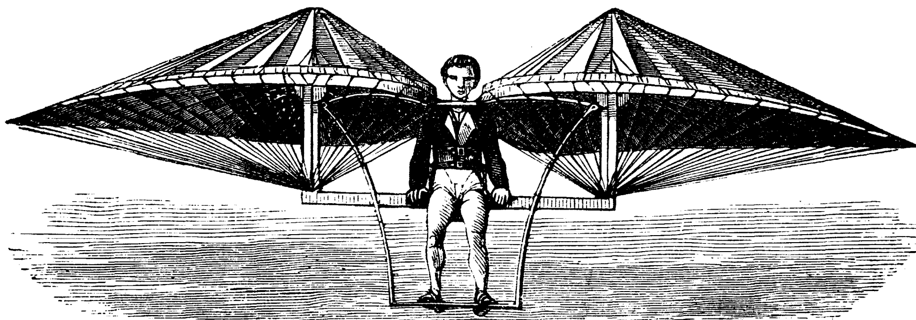


Fig. 110. Blanchards flygmaskin.

af dessa vingar rördes af händerna, de bakre af fötterna och på det sätt, att den högra fram- och den venstra bakvingen samtidigt höjde eller sänkte sig. Uppfinnaren skall dock endast kunnat sänka sig från höjder i sned riktning, men ej uppstiga. Sedan han flera gånger, och alltid med framgång, försökt sig från små höjder, vågade han sig äfven på något större, ja, det säges till och med, att han på detta sätt skall ha färdats öfver floder. Åtminstone förljudes ej, att han brutit halsen af sig, och sålunda var han lyckligare än forntidens Ikaros och åtskilliga af sina efterföljare.

Ungefär vid samma tid konstruerade Blanchard i Paris en flygmaskin, som han åren 1780—1783 utstälde i Hôtel de la rue Turenne: den flygande båten. Han försökte på flera sätt lösa problemet, men måste alltid, för att öfvervinna vingarnas och maskinens tyngd, använda en motvigt, som hindrade hela apparaten att fritt röra sig i luften. Det yttre utseendet af hans maskin visar fig. 110.

Ännu på en jemförelsevis nyare tid, omkring 1808 och 1809, gjorde en flygkonstnär i Wien, en urmakare vid namn Degen, mycket uppseende med en, som det vill synas, på alldeles samma sätt konstruerad maskin. Så vidt man vet, flög Degen med sin maskin endast omkring i en ridbana i Wien, dock ej helt och hållet fritt, utan fäst vid en apparat af stänger, som fördes fram och tillbaka i rummet. Då han ville visa sin konst i Paris på en offentlig plats, misslyckades han totalt och måste utskrattad draga hem igen. För öfrigt ville Degen i Paris ej flyga som en fågel, utan med en styrbar balong. Hans maskin var ett slags sammansättning af en balong och en drake.

Att menniskans muskelkraft på långt när ej förslår att ens för en mycket kort tid öfvervinna sin egen tyngd, är nu ej längre svårt att bevisa. Men då man äfven genom alla verkligt utförda maskiner kom till samma öfvertygelse, tillgrep man mycket snart alldeles egendomliga hjelpmedel och sökte tillgodogöra krafter, om hvilkas väsen och verkningssätt man endast hade de mest otillräckliga föreställningar. Både elektricitet och magnetism togos till hjelp, och ju mera invecklade och obegripliga inrättningarna voro, desto större förhoppningar fäste man vid dem. Den flygande båt, som jesuiten Lana 1680 föreslog, skulle uppbäras af fyra stora balonger af mycket tunn kopparplåt, ur hvilka luften blifvit utpumpad. Är också sjelfva grundtanken, att åstadkomma en kropp, som är lättare än luften, ett steg i den rätta riktningen, vitnar dock hela tillämpningen deraf, att den gode jesuitpatern hade en alldeles oriktig föreställning om lufttryckets verkan, en villfarelse, som naturligtvis redan det första försöket måste bestraffa. Denna apparat är dock af stort intresse derför, att han är den första tillämpningen af den tanke, som ligger till grund för luftbalongen.



Fig. 111. · Bröderna Montgolfier.

Luftbalongens historia. År 1736 uppsteg en portugisisk fysiker, don Guzman, i konung João V:s närvaro medelst ett med papper öfverdraget spjelverk, hvarunder en eld brann. Men maskinen stötte mot taklisten till det kungliga palatset, skadades och föll ned, till all lycka så långsamt, att luftseglaren slapp helskinnad undan. Han ville göra ett nytt försök, men inqvi-

sitionen blandade sig i saken; »trollkarlen» inspärrades, och endast konungens mellankomst kunde rädda honom från bålet. Detta var således den förstá luftbalongen, en montgolfier före Montgolfier; men liksom i fråga om de flesta andra uppfinningar ha äfven här kineserna kommit oss i förväg. Franske missionären Vassou berättar nämligen 1694, således hundra år innan man i Europa hört talas om luftbalonger, att redan 1306 vid kejsar Fokiens tronbestigning en balongs uppstigande i Peking utgjort en del af festligheterna.

Vare härmed huru som helst, visst är, att förtjensten af luftbalongens verkliga utförande alldeles obestridligt tillhör Frankrike och bröderna Joseph och Etienne Montgolfier, söner till en pappersfabrikant i den lilla staden Annonay. Familjen härstammar från Ambert i Auvergne. Deras förfäder voro ifriga anhängare af reformationen och drabbades såsom sådana af de grymma förföljelser, som i bartolomeinatten nådde sin höjd. Deras egendomar blefvo konfiskerade, deras pappersbruk, ett familjarf, förstördt, och de sjelfva kunde endast genom flykten rädda sina lif. Men de nya fabriker, som de sedermera grundade i Annonay, blomstrade snart upp, och i början af 18:e århundradet hade de montgolfierska fabrikaten redan vunnit stort anseende. Inom familjen rörde sig en liflig företagsamhetsanda, och vetenskaperna odlades der med kärlek.

Etienne Montgolfier begaf sig för sin ytterligare utbildning till Paris, der han egnade sig åt bygnadskonsten och lade i dagen stora matematiska gåfvor. Återkallad af sin fader för att vara honom behjelplig i skötseln af fabriken, förvärfvade han sig snart i denna verksamhet genom utmärkta uppfinningar och förbättringar ett betydande namn. Hans bror Joseph, ehuru ej mindre begåfvad än han, hade dock mindre sinne för den stränga systematiska metod, som Etienne i alla sina arbeten följde. Med sin fina instinkt uppfattade han genast det riktiga, var aldrig förlägen om utvägar och fann dem snabbt och lätt, medan den lärde under sina stränga undersökningar låter det rätta ögonblicket för handling obegagnadt gå sig ur händerna. Hvad han gjorde, gjorde han på sitt vis, snabbt och med entusiasm. Hvad som ej tilltalade honom, brydde han sig ej om att lära. Han var en ursprunglig, eldig natur, en af dessa uppfinnarandar, för hvilka då ännu fans plats. De fysiska vetenskaperna, ännu i sin nya utvecklings barndom, började nu först skjuta upp och grönska i kraftiga skott; många försök och företag, som nu synas oss dåraktiga, få vi derför ej så helt och hållet obesedt egna ett medlidsamt löje. Mycket, som var barockt, gick och gälde då för den vetenskapliga lärdomens högsta ståndpunkt; om många saker hade man ingen eller blott en högst bristfällig kännedom, och liksom hvarje tid endast bör mätas med sin egen måttstock, får man derför ej heller jemföra bröderna Montgolfiers första försök med våra insigter och åskådningssätt. De öfriga uppfinningarna, som fästa sig vid namnet Montgolfier och bland hvilka vi endast vilja nämna den hydrauliska väduren som en af de snillrikaste, visa oss tillräckligt, att de båda bröderna alls icke äro att räkna till de halfbildade fantasternas klass.

Tanken att försöka höja sig upp i luften upprann först i Josephs lifliga hufvud; visst är, att den helt och hållet öfverensstämde med hans skaplynne. Molnen, som de sågo uppstiga öfver sitt hemlands berg, ingåfvo först de båda bröderna den iden att göra artificiela moln. För detta ändamål inneslöto de vattenånga i lätta omhöljen. Apparaten höjde sig för att snart åter nedfalla. De togo nu rök, och saken gick ej mycket bättre. Då gjorde de bekantskap med Priestleys nyss utkomna arbete om de olika luftarterna, hvilket innehöll en mängd vigtiga upptäckter rörande hittills obekanta gaser. Den slutsatsen låg nu nära till hands, att den så utomordentligt lätta vätgasen måste kunna gifva dem, hvad de önskade. Deras pappersbalonger släpte dock för snart ut honom; dessutom var han dyr att åstadkomma och hans egenskaper ännu allt för litet kända. Allt detta gjorde, att de öfvergåfvo försöken med detta fyllningsämne och återvände till ångan, denna gång dock utgående från den kuriösa åsigten, att, om de brände våt halm och kardad ull tillsammans, en »elektrisk» ånga skulle bilda sig, som måhända egde större drifkraft. De uppfångade henne i taftbalonger, som de höllo öfver en upptänd eld, och nu uppstego deras apparater verkligen, dock endast derför, att de gifvit deras väggar större täthet.



Fig. 112. Professor Charles, charlierens uppfinnare.

Luftbalongens princip är den samma, som gör, att luftblåsan uppstiger i vatten: den specifika vigtens olikhet. Om man af vätgas, som är fjorton gånger lättare än den atmosferiska luften, bildar en blåsa på det sätt, att man instänger honom i en upptill sluten balong, skall blåsan naturligtvis uppstiga från jorden. Samma resultat vinnes äfven, om man genom uppvärmning gör luften i balongen sjelf lättare. Värme utvidgar kropparna, och detta förhållande, hvarom de ej hade fullt klara föreställningar, var det, som gjorde, att deras försök lyckades. Vetenskapsmän fäste deras uppmärksamhet på, att deras åsigt om den »elektriska röken» vore en villfarelse och att drifkraften låge i den af värmet förtunnade luften. Saussure bevisade dem detta härmed, att han försigtigt införde en rödglödgad jernstång i balongens inre; balongen steg äfven nu, ehuru här ej kunde vara tal om någon elektrisk rök. Det oaktadt bibehöllo de en viss förkärlek för

sitt första lyckade experiment och brände alltid äfven vid senare försök något af denna blandning.

Sitt första offentliga försök gjorde de hemma i Annonay den 4 juni 1783. Balongen, gjord af lärft, var fodrad med papper, hade en diameter af något öfver 40 fot, vägde 515 och kunde bära en last af 470 skålpund. Han uppsteg på tio minuter till en betydlig höjd och föll ned en fjerdedels mil från uppstigningsorten.

Tusentals menniskor hade strömmat tillsammans för att bevitna det hittills ännu aldrig sedda skådespelet, och den nya uppfinningen helsades med

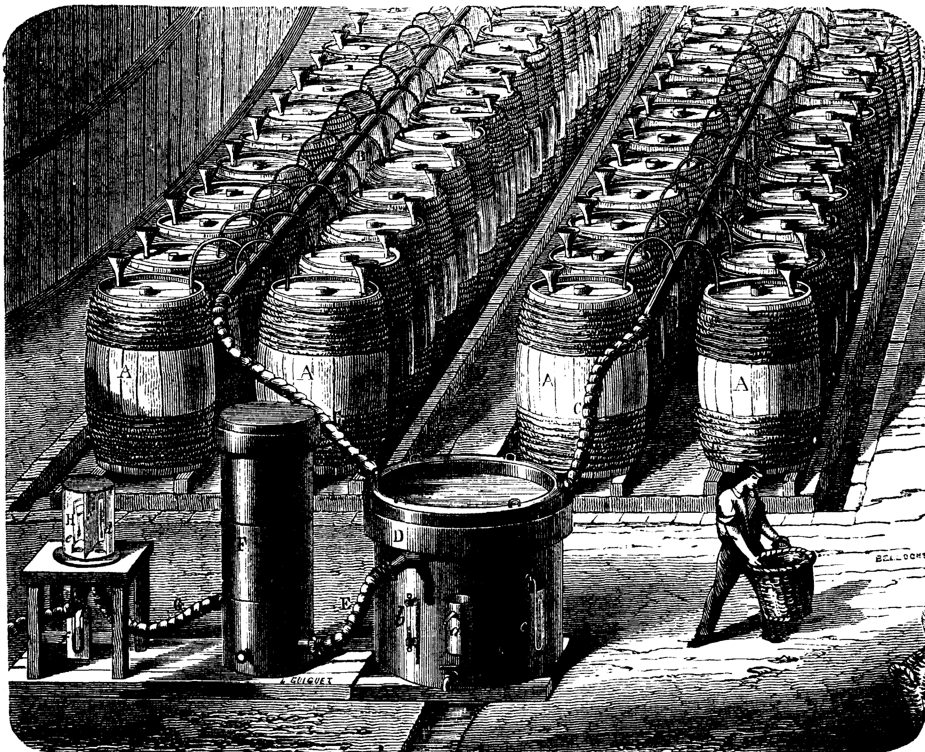


Fig. 113. Framställning af vätgas till fyllande af en luftbalong.

omätligt jubel. En berättelse insändes till parisakademin, som nedsatte en komite, bestående af Larochier, Cadet, Condorcet, Desmarets, Bossut, Brisson, Leroy och Villet, för att pröfva saken. Den underbara nyheten utbredde sig hastigt öfver Frankrike och ännu längre, och naturligtvis ville nu äfven parisarna njuta af det nya skådespelet. Utan att ge sig tid att afvakta resultatet af den af vetenskapsakademin inledda undersökningen, insamlade man på enskild väg öfver 10 000 franc och utsåg en styrelse, som åt två skickliga mekaniker, bröderna Robert, uppdrog balongens förfärdigande samt åt den berömde professorn i fysiken Charles företagets ledning.

Man hade visserligen från Annonay fått sig tillsändt ett protokoll med alla detaljerna vid balongens uppsändning, men ingen uppgift om hvilken gas, som begagnats vid hans fyllning; bröderna gjorde nämligen häraf en hemlighet. Då beslöt Charles begagna vätgasen. Ett ämne, som är fjorton gånger lättare än den atmosferiska luften, måste ju ha en vida kraftigare verkan än denna obekanta gas, som enligt uppgift endast vore hälften så tung som denna. Men vätgasens beredning hade ännu sina stora svårigheter. Man kände honom knappast. Hittills hade man endast framstält honom i små mängder, och nu skulle en massa af mer än 1500 kubikfot inskaffas i en balong. Äfven vetenskapsmännen fruktade för dess stora eldfängdhet. Charles genomdref dock sin åsigt. Man måste först uttänka en framställningsapparat och stannade efter mycket öfverläggande vid följande inrättning. Ett tunnfat fyldes till en del med jernfilspån och vatten; dess öfre botten hade två hål; i det ena af dessa hål inpassades en läderslang, som gick in i balongen, det andra täptes med en kork. Genom det senare hälde man allt emellanåt svafvelsyra i fatet. Bristerna i denna inrättning visade sig snart: hettan blef så stark, att en myckenhet med syra mättade vattenångor följde med in i den af taft gjorda balongen och hotade att alldeles sönderfräta honom. Ångorna förtätade sig till vatten, som måste bortskaffas, på samma gång balongväfven för hettans skull oupphörligt måste öfversprutas med vatten. På detta sätt gick en stor myckenhet gas förlorad, och man behöfde till hela arbetet fyra dagar samt ej mindre än 12 centner jern och 6 centner svafvelsyra till fyllande af en balong, som knapt vägde 20 skålpund. Dessa olägenheter lärde man sig dock snart afhjelpa dermed, att man först ledde gasen genom ett kärl med vatten, som qvarhöll de syrhaltiga ångorna och renade gasen.

Till beredande af de ofantliga mängder vätgas, som åtgå till fyllandet af en balong och naturligtvis ej kunna framställas i apparater af det slag, som begagnas i laboratorierna, måste alldeles särskilda anstalter träffas. Fig. 113 ger derom en föreställning. Vätgasens beredning sker genom sönderdelning af vattnet, hvilket, som bekant, består af väte och syre, och sönderdelningen sker derigenom, att man inför metalliskt jern i det med svafvelsyra tillsatta vattnet. Metallen har nämligen mycken benägenhet att draga till sig vattnets syre, dermed bilda oxidul och med svafvelsyran förena sig till svafvelsyrad jernoxidul. Vätet blir derigenom frigjordt och bortgår som gas, hvilken nu kan särskildt uppfångas. Vår afbildning visar nu i faten *A A* sådana kärl, i hvilka jern och vatten äro sammanförda och hvaruti, sedan allt är så förberedt, att utvecklingen skall börja, svafvelsyra hälles genom de trattrör, som räcka nästan ända till kärlens botten. Ett oundgängligt vilkor är, att faten äro alldeles lufttätt tillslutna. Gasen har då ingen annan utväg än det krökta rör, som genom kärlets uppåt vända botten leder till ett större samlingsrör, *B B*, från hvilket han medelst en tät slang, *C*, ledes in i reningsapparaten *D*, der han går igenom ett vattenlager och tillika bringas i nära beröring med ett regn af fina vattendroppar, så att de syrpartiklar, han ännu kan innehålla, fullständigt uppsugas af vattnet. Vattenståndet i det inre af

denna apparat angifves af glasröret *b*, som står i förbindelse med apparatens inre; *a* är ett afloppsrör, hvarigenom det syrsatta vattnet af sig sjelft bortrinner, *c* en liten manometer, som angifver gastrycket inuti kärlet.

Ur reningsapparaten går gasen genom slangen *E* in i cylindern *F*, der han träder i beröring med kalkhydrat och aflemnar den återstod af kolsyra och vatten, han ännu möjligen har qvar. Härefter genomgår han ännu en apparat, som innehåller en hygrometer, *H*, och en termometer, *d*, för att undersökas till temperatur och torrhet, och kan nu insläppas i balongen, på sätt fig. 114 visar. Men nu tillbaka till vår berättelse.

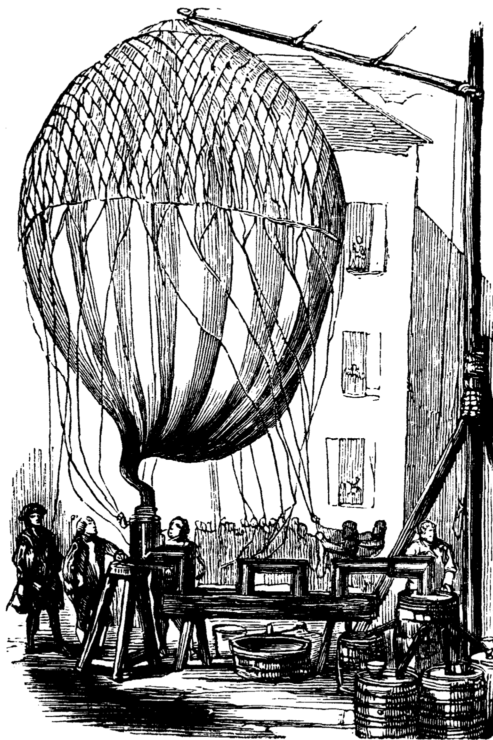


Fig. 114. Den första med vätgas fylda luftbalongen.

På fjerde dagen sväfvade den till två tredjedelar fylda balongen, fasthållen med tåg, fritt i Roberts verkstad, och det gälde nu att föra hela apparaten till Marsfältet, der uppstigningen skulle ega rum. Flyttningen skedde natten emellan den 27 och 28 augusti 1783; buren på en bår och eskorterad af fackelbärare, rörde sig balongen långsamt genom gatorna. Större delen af den följande dagen upptogs med att fullständigt fylla honom. Slutligen, inemot kl. 5, gaf ett kanonskott signal till afresa. Balongen sköt med en sådan fart uppåt, att han inom några minuter genomträngde flera molnlager. Han ledsagades af jubelropen från mer än 200 tusen menniskor, tills han slutligen försvann. Tre fjerdedels timme derefter kom han ned två och en half mil från Paris, utan att ha gått så långt han skulle kunnat. Bröderna Robert hade nämligen emot Charles' råd gifvit honom så mycket gas, han kunde rymma, för att han derigenom skulle få ett så rundt och fylligt utseende som möjligt. Denna gasmassa vidgade sig nu i de tunnare luftlagren till den grad, att balongen i sin öfre del fick en lång remna; gasen började strömma ut och balongen sjönk hastigt. Han föll ned bland en skara bönder från byn Gonesse i närheten af Paris, hvilka naturligtvis ej hade det minsta begrepp om, hvad den sällsamma företeelsen egentligen var, och deraf försattes i ej ringa häpnad. De flesta trodde, att det var månen, som fallit ned från himlen. Men då den runda tingesten maktlös vältrade sig om-

kring vid deras fötter, hemtade de sig snart från sin förskräckelse och började med dynggrepar, slagor, hackor och andra landtliga vapen bearbeta vidundret. Den vackra balongen, som kostat så mycket hufvudbry, möda och penningar, blef jämmerligt sönderstucken och slutligen, bunden vid svansen af en häst, släpad en god half mil tvärs öfver åkrar och ängar. Då Charles anlände till stället, fann han af den dyra pjesen endast några trasor qvar. Med anledning af detta okunnighetens dåd, som väckte stort uppseende, aflät regeringen en kungörelse, som var egnad att upplysa och lugna sinnena. Sådan är historien om den första med vätgas fylda balongens lefnad och död. Man har kallat detta slags balonger charlierer till skilnad från dem, som fyllas med uppvärmd luft, hvilka fått behålla namnet montgolfierer, och derigenom har äfven en varaktig minnesgärd egnats åt de två namn, som i luftbalongens historia äro mest framstående.

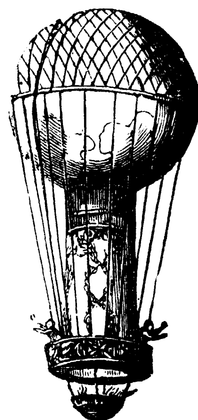


Fig. 115. En af de första montgolfiererna.

Etienne Montgolfier var ögonvitne till Charles' lyckade försök. Han kände sig deraf ännu mera sporrad att aflägga ett nytt prof, medan Charles och hans medhjelpare rustade sig att förfärdiga en större och fullkomligare balong. Montgolfiers försök egde rum den 19 september i Versailles i närvaro af konungen och en otalig åskådarmassa, sedan några dagar förut en egendomligt formad balong blifvit af storm och regn förstörd. Balongen blef denna gång färdig på fem dagar. Han var gjord af fast tyg, alldeles rund, utvändigt målad i blått med guld, och medförde i en bur de första lefvande luftseglarna: ett får, en tupp och en anka. Han höjde sig majestätiskt och steg mycket högt, men blef redan efter tio minuter uppsliten af en vindstöt, sänkte sig nu mot jorden och föll ned i en skog, men så sakta och varligt, att djuren ej togo någon skada. Den förste, som kom till stället och befriade balongen ur de trädgrenar, hvari han insnärjt sig, var Pilâtre de Rozier. Han följde från denna stund alla sådana försök med hela den passionerade ifvern hos en entusiast utan att ana det öde, som skulle fästa hans namn vid den nya uppfinningens historia. Efter det lyckade försöket att låta lefvande djur medfölja luftbalongen grep sig Etienne Montgolfier ifrigt an med förfärdigandet af en ny balong, som skulle kunna bära menniskor, och Pilâtre brann af begär att få bestiga den.

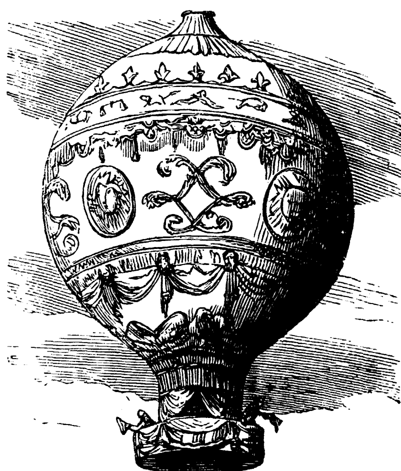


Fig. 116. Pilâtre de Roziers och markis d'Arlandes luftresa.

Den länge med spänd väntan motsedda första uppstigningen af menniskor egde rum den 21 oktober 1783 från slottet La Muette invid Paris. Den ståtliga balongen (fig. 116) hade en oval form och mätte mer än 67 fot i höjd och nära 50 i diameter. Under balongen befann sig galleriet, der luftseglarna, Pilâtre de Rozier och markis d'Arlande, tagit plats. Bredvid dem stod fyrpannan med bränsle till eldens underhållande.

Under de närmast föregående dagarna hade ifriga underhandlingar förts för att utverka tillåtelse till uppstigningen. Man hade redan flera gånger uppstigit till mer än 300 fots höjd, men balongen hade då varit med tåg fäst vid marken och nedhalats, när man åter ville nedstiga. Då beslöt Pilâtre de Rozier stiga högre och för det ändamålet låta balongen uppgå utan förtöjning. Äfven Montgolfier tvekade; han ville först anställa nya undersökningar, och en af vetenskapsakademin till frågans pröfning nedsatt komite afhöll sig från att gifva något utlåtande. De modigaste bäfvade för en sådan färd, och Ludvig XVI, till hvilken man vände sig med begäran om tillstånd, afslog den, men lofvade att benåda två till döden dömda förbrytare, om de ville göra färden. Detta förslag väckte hos den djerfve luftseglaren en liflig förtrytelse, och han skydde ej att gifva den luft. »Huru», utropade han, »skola eländiga, ur det menskliga samhället utstötta förbrytare vara de första, som få äran af att ha uppstigit i luften!» Han vände sig till de inflytelserikaste personerna vid hofvet, markis d'Arlande understödde hans ansökan och erbjöd sig, för att öfvertyga konungen om företagets ofarlighet, att sjelf medfölja på färden. Bestormad från alla håll, gaf Ludvig XVI slutligen sitt samtycke, och den 21 oktober uppstego nu Pilâtre de Rozier och markis d'Arlande.

Oaktadt det blåste starkt, höjde sig balongen med stor hastighet. Då de djerfva luftseglarna kommit ett stycke upp och sväfvade öfver den till hundratusenden uppgående folkmassans hufvuden, svängde de hattarna till afsked. Allt högre och högre steg balongen, snart kunde man ej mer urskilja de deri sittande båda gestalterna, och farkosten sjelf blef för åskådarnas blickar allt mindre. Han följde Seine till Svanön, öfvergick der floden och tog riktningen åt Paris på en sådan höjd, att han kunde ses äfven från de smalaste gatorna. Platformarna på Notre-Dames torn voro fulla af åskådare. Då balongen kom emellan dem och solen, undanskymde han henne för några ögonblick, ett nytt och egendomligt slag af solförmörkelse. Balongen hade nu hunnit en mycket betydlig höjd, som ökades eller minskades, allt efter som de resande eldade mer eller mindre på. Man hade redan passerat Invalidhotellet och Militärskolan, då d'Arlande yttrade: «Det är nog; nu ned till jorden igen!» Man lade ej mera bränsle på elden, balongen sänkte sig långsamt och kom efter 25 minuter ned ungefär en mil från La Muette. D'Arlande besteg genast en häst och red i sporrsträck tillbaka till den ännu på uppstigningsstället i spänd förbidan qvarstående folkmassan. Inom tio minuter hade man packat in balongen, lagt honom på en vagn och skjutsat in honom till staden, dit den djerfve Pilâtre de Rozier följde honom. Bland åskådarna bemärktes äfven den berömde Benjamin Franklin, som ville vara vitne till denna menniskoandens nya

seger öfver elementen. Man frågade honom, hvilken betydelse han ansåg den nya uppfinningen ega, men han undvek försigtigt en bestämd förklaring. »Det är ett nyfödt barn», sade han.

Kort derefter skulle Paris erhålla skådespelet af en ny luftresa, som Charles och Robert i och för fysikaliska undersökningar utförde i en med vätgas fyld och medelst subskription åstadkommen balong. Företaget var ej längre så halsbrytande, som det första gången förefallit; den snillrike Charles hade sörjt för allt, med ens uppfunnit allt, som ännu i dag utgör nödvändiga beståndsdelar af en balong: ventilen, gondolen med nätet, ballasten, det med gummi öfverdragna tyget, ankaret, användningen af barometriska höjdmätningar, gasens rening o. s. v. En enda månad hade varit nog att uttänka och utföra alla dessa inrättningar, och den 1 december 1783 skulle de bestå profvet. Halfva Paris trängdes omkring Tuilerierna, hvarifrån uppstigningen skulle ske och der den fylda, men ännu med långa tåg fasthållna balongen svängde af och an. Då erhöll Charles befallning från konungen att inställa färden: den vore förenad med för mycken risk. Nu följde samma yttringar af harm och sviken förväntan som gången förut, samma häftiga missnöje hos allmänheten, som uppeggades af det montgolfierska partiet, audienser och ifriga föreställningar; då kommer ändtligen tillåtelsen: det första signalskottet dånar, luftseglarna taga plats i gondolen; ett nytt skott, och tågen lossas och balongen stiger majestätiskt i höjden.

De resande uppstego till inemot 2000 fot och sänkte sig ned på slätten vid Nesle, fyra mil från Paris. Robert steg först ur, men den deraf lättade balongen uppsköt å nyo blixtsnabbt med den qvarsittande Charles till en höjd af mer än 10 000 fot. Solen, som de båda resandena för en stund sedan sett gå ned, sågs från denna höjd ännu en gång af Charles, tills hon för andra gången denna dag gick ned för hans ögon; sjelf kom han efter femton minuter lyckligt tillbaka till jorden.

Den 5 januari 1784 uppstego i Lyon Pilâtre de Rozier och den äldre Montgolfier jemte ännu fem andra personer i en jättebalong af 135 fots höjd och 108 fots diameter. Balongen höjde sig öfver 5000 fot, men sjönk efter femton minuter till marken, i följd af en remna i tyget, som han genom den allt för stora belastningen erhållit. Det var från början meningen, att endast sex personer skulle deltaga i färden, nämligen, utom de redan nämda, prinsen af Ligne samt grefvarna Laurencin, Dampierre och Laport d'Anglefort; men just som balongen började stiga, svingade sig plötsligt en ung arbetare från Lyon, som biträdt vid förberedelserna, in i gondolen. Pilâtre de Rozier hade redan förut protesterat mot det stora antalet passagerare, och hans förutsägelser blefvo nu till fullo bekräftade, ty gondolen stötte vid nedstigandet mycket hårdt mot marken, och Montgolfier sjelf, som ej velat tro derpå, fick sig en ganska allvarsam stöt. Oaktadt detta missöde, simmade Lyon i ett haf af jubel, och luftseglarna voro föremål för de mest entusiastiska hyllningar.

Äfven i andra länder gjordes luftseglingar, och först i Italien, der chevalier Andreani uppsteg.

I mars samma år (1784) företog Blanchard, som redan långt före bröderna Montgolfier syselsatt sig med konstruerande af luftfartyg och flygmaskiner, sin första luftfärd. Hans balong var försedd med åror och styrinrättning (fig. 117), om hvilkas gagn Blanchard efter sin återkomst var fast öfvertygad. Han påstod sig ha stigit 2000 fot högre än någon luftseglare före honom. Den första qvinna, som vågade det farliga företaget, var en madame Thible, som till Gustaf III:s ära uppsteg i Lyon den 4 juni 1784.

De flesta af dessa färder sakna egentligt intresse. Ett sådant eger deremot den första verkliga luftresan, d. v. s. en resa i bestämd, beräknad riktning och öfver en betydligare sträcka.

Den smalaste delen af det sund, som skiljer England och Frankrike från hvarandra, håller i bredd fyra mil. Calais i Frankrike och Dover i England äro de båda närmast belägna punkterna. Från den sistnämda orten försökte Blanchard den 7 januari 1785, åtföljd af amerikanen Jeffries, resa öfver till Frankrike, och hans företag lyckades fullkomligt. Efter en färd af 2 timmar och 32 minuter kommo de resande lyckligt ned i skogen vid Guines, ett stycke från Calais. Så lyckligt resan än aflopp, var hon dock ej utan sina faror, emedan balongen vid slutet af den samma gick temligen lågt. Luftseglarna måste, för att lätta honom, kasta den sista ballasten, provianten, sina böcker, kläder och ankaret i hafvet; ja, de hade till och med redan beslutit i nödfall hänga sig fast i tågverket och kapa gondolen. Denna sista åtgärd blef dock ej behöflig; de anlände välbehållna på fransk botten, sedan Calais' invånare länge och ej utan oro först med tuber och sedan med blotta ögonen sett dem sväfva fram öfver Kanalen. Man mottog dem med det största deltagande, rika skänker i penningar belönade den oförskräckte, hittills i Frankrike ej efter förtjenst uppskattade Blanchard, och ett monument, som upprestes i närheten af Calais på det ställe, der han först satt foten på fasta landet, bevarar minnet af den djerfva bragden.

Ty värr, blef den lyckliga utgången af dessa vågade företag orsak till en af de sorgligaste tilldragelser, som luftseglingens historia känner. Då Pilâtre de Rozier fick underrättelse om Blanchards resa, beslöt han, sporrad af ärelystnad, att följa exemplet och i sin tur göra en resa från Frankrike till England. Den efter hans egna ideer konstruerade balongen utgjorde en högst farlig förening af montgolfieren och charlieren; under en med vätgas fyld stor balong var nämligen anbragt en cylinderformig del, der luft skulle förtunnas med eld. Förgäfves varnade man honom från alla håll; äfven Charles sade varnande till honom: »Min vän, ni hänger ett krutfat öfver elden», men hans beslut stod ej att rubba. Under mycket ogynsamt väder uppsteg dubbelbalongen den 13 juni 1785 i Calais. Snart sågs han sväfva öfver hafvet, men en vindstöt kastade honom tillbaka till kusten, och luftseglaren, som i så stormigt väder ej tycktes vilja fortsätta resan, beredde sig att stiga ned och drog för detta ändamål på en bristfälligt inrättad ventil. Gasen strömmade ut, men ventilen ville ej mer gå igen, och med en förfärlig hastighet störtade balongen mot marken. En egen ironi af ödet ville, att fallet skedde några steg

från det ställe, der en minnespelare nyss blifvit upprest åt den lyckligare Blanchard. Pilâtre de Rozier krossades genast, hans olycklige följeslagare, en ung fysiker från Boulogne, vid namn Romain, lefde ännu, men afled efter tio minuter. De voro luftseglingens första offer.

Fallskärmen. Den olyckliga utgången på denna och andra luftfärder föranledde mångahanda förslag, hvarigenom man i värsta fall hoppades kunna göra stötens våldsamhet oskadlig. Ej långt efter luftbalongens uppfinnande föll man derför på den tanken att använda en inrättning, som tycktes gifva det önskade resultatet. Denna inrättning var fallskärmen, en apparat, som till formen fullkomligt liknar ett jätteparaply. En sådan fallskärm är nämligen ingenting annat än en hopfäld, af starkt taft gjord skärm, hvars öfre del vid nedfarandet utbreder sig och uppfångar luften. Han har en temligen

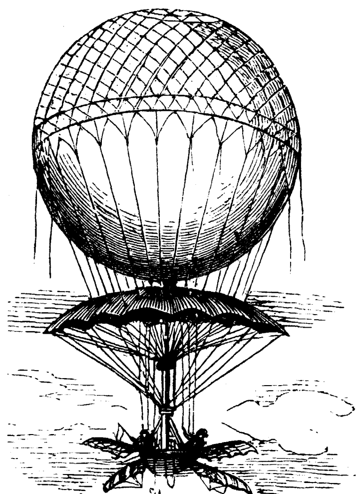


Fig. 117. Blanchards luftbalong med fallinrättning.

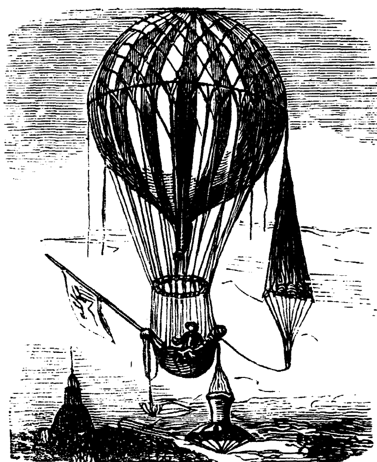


Fig. 118. Robertsons fallskärm.

betydlig diameter, 20 till 30 fot, och uppbär en hängande gondol, som mottager luftseglaren och genom sin tyngd håller skärmen i dess rätta ställning.

Den ide, som ligger till grund för fallskärmen, är mycket gammal. Tillämpad blef han sannolikt första gången af professor Lenormand, hvilken den 26 november 1783 sänkte sig ned från första våningen i ett hus i Montpellier med ett stort paraply i hvardera handen. Stöten var mycket obetydlig; han förnyade försöken och kom till det resultat, att en skärm af 13 till 16 fots diameter kan mycket sakta och varligt föra ned en person från en stor höjd.

Luftseglaren Blanchard började med att släppa ned lefvande djur med fallskärmen; med sin egen person ville han ej våga försöket. Detta gjorde dock sedermera hans rival Garnerin, hvilken, under revolutionskrigen tillfångatagen af österrikarna, i hemlighet gjorde sig en fallskärm och med dess till-

hjelp äfven lyckades fly ur fästningen, der han hölls fången, ehuru han snart åter blef tagen. Alldeles det samma gjorde äfven på Spielberg en annan fånge, vid namn Drouet, men som dervid bröt af sig ena benet och blef liggande på stället. Strax efter sin befrielse ur fångenskapen grep sig Garnerin an med att utföra sitt fallskärmsexperiment från en balong, i hvilken han den 22 oktober 1797 uppsteg från Paris. Han nedkom ej alldeles utan fara, ty hans skärm gjorde mycket betänkliga svängningar. Man insåg nu, att en fallskärm, för att sjunka stadigt och jemnt, upptill måste ha ett litet hål eller afledningsrör, som derefter ej heller saknades på någon af dessa apparater. Garnerins exempel följdes af flera luftseglare, och man har på detta sätt kommit till den erfarenheten, att, om fallskärmen är behörigt inrättad, ingen synnerlig fara är dermed förenad; men, märkvärdigt nog, har ännu aldrig någon i fara stadd luftseglare blifvit deraf räddad. Den oförvägna madame

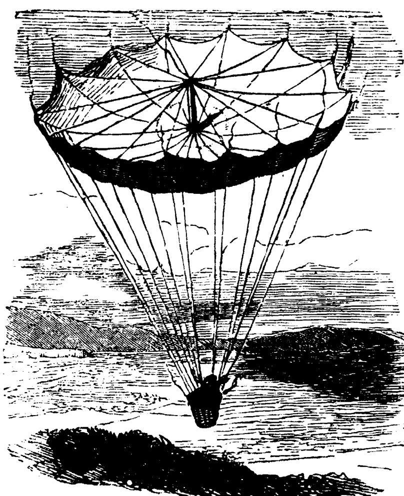


Fig. 119. Cockings fall.

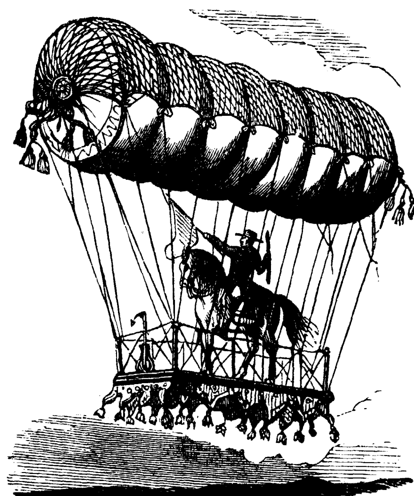


Fig. 120. Testu-Brissys luftfärd.

Garnerin afslutade ofta sina luftfärder dermed, att hon lemnade balongen och kom ned i fallskärmen. Ögonvitnen berätta, att det gått dem som en kåre utefter ryggen, när de sett luftseglerskan med den ännu hopfälda skärmen som en pil komma nedskjutande genom luften; men skärmen hade alltid i rätta ögonblicket spänt ut sig för att helt sakta nedlägga henne på marken.

Robertson sökte förbättra fallskärmen derigenom, att han gaf honom formen af ett dubbelt paraply, hvaraf den ena delen spände ut sig uppåt, den andra nedåt (fig. 118). Men detta var ett misstag, som skulle kosta ett menniskolif. Ännu oförnuftigare var engelsmannen Cockings fallskärm inrättad. Cocking hade flera gånger följt Green på hans luftfärder och inbillade sig skola lyckliggöra verlden med en utmärkt fallskärm, då han gaf honom formen af ett ut- och invändt paraply; han hade nämligen märkt, att ett paraply vid fallandet från en höjd genast vänder sig om. Han hade ej betänkt, att detta

endast är en följd af luftens motstånd, och att paraplyets nedåt vända konvexa yta gynnar luftens afglidning emot det samma, hvarigenom det lättare kan följa tyngdens riktning. Döf för alla varningar, var Cocking fast besluten att försöka sin ut- och invända fallskärm, och Green var nog oförståndig att ge efter för denna dårskap. Den 27 september 1836 uppstego båda från Vauxhall i London. Den olycksaliga fallskärmen var fäst under gondolen, och i en under den samma anbragt korg befann sig Cocking. Sedan man uppnått en höjd af något mer än 3000 fot, varnade honom Green ännu en gång, men Cocking afskar tåget, som hittills fäst honom vid balongen, och innan Green af sin balongs utomordentligt ökade fart märkte det, såg han sin reskamrat som en liten svart punkt genomskära luften med en hastighet, som under sista sekunden uppgick till nära 70 fot. Hela afståndet, närmare 3 400 fot, hade han tillryggalagt på halfannan minut. Man skyndade till stället, der skärmen fallit, och fann den oförvägne mannen alldeles sönderkrossad.



Fig. 121. Greens luftbalong.

Luftseglarnas antal ökades med hvar dag, och i mars 1785 räknade man redan 35 företag af detta slag. Det växte allt jemt genom det lockande behag, som uppstigandet till molnen måste erbjuda. Luftseglingen blef nu ett yrke, hvars utöfvare gjorde sig en inkomst af företaget och genom ständigt nya omvexlingar sökte hålla allmänhetens intresse vid lif. Testu-Brissy tog till och med en häst med i gondolen och uppsteg sittande på hans rygg (fig. 120). I de offentliga trädgårdarna i Paris uppsände man luftbalonger, som man gaf formen af mytologiska personligheter eller af en Pegasus, och af dessa osmakligheter utträngde den ena den andra. Ett verkligt framsteg, en ny uppfinning se vi ingenstädes, och hvad som väcker vår beundran, är mera den djerfhet, hvarmed många luftseglare, ofta under mycket ogynsamma omständigheter, verkstälde sina färder, än den vinst, som den menskliga odlingen deraf skördade.

Vi vilja derför ej heller trötta med ett uppräknande af de luftresor, som i alla länder företogos, utan endast framhålla några få, som antingen genom sin utgång eller de resultat, hvartill de ledde, äro anmärkningsvärda.

Efter den berömde Blanchards död fortsatte hans hustru luftseglingarna och visade derunder ej sällan den största djerfhet. Det skall många gånger händt, att hon, efter att fram på aftonen ha anträdt sin luftfärd, tillbragt hela natten lugnt sofvande i gondolen och först på morgonen åter nedstigit. Redan 1817 var hon nära att tillsätta lifvet vid en luftresa från Nantes. Hon föll ned i ett moras; men till all lycka fastnade balongen i grenarna af ett träd, så att hon kunde hålla sig uppe, tills man hann komma henne till hjelp. Olyckan nådde henne dock ej fullt två år derefter. Den 6 juli 1819 uppsteg hon i Tivoli i Paris och tänkte gifva åskådarna det praktfulla skådespelet af ett fyrverkeri i luften. Då hon hunnit en betydlig höjd, ville hon tända en vid fallskärmen fäst krona af bengaliska flammor och begagnade sig för detta ändamål af en lunta. Men genom en olycklig svängning af balongen råkade hon dermed komma för nära öppningen af denna, och den deri befintliga vätgasen fattade eld. Man såg tydligt, huru den modiga luftseglerskan med kallblodig själsnärvaro sökte genom sammantryckning af balonghalsen qväfva elden och huru hon, sedan hon insett fruktlösheten af sina bemödanden, satte sig i gondolen och afvaktade utgången. Som en meteor lyste den brinnande gasen, balongen sjönk temligen långsamt, och hade luften förblifvit lugn, skulle den oförskräckta qvinnan måhända lyckligt uppnått jorden; men plötsligt uppstod ett något starkare luftdrag, som dref balongen i riktningen mot Paris. Han föll ned på ett sluttande tak, gondolen gled utför det, madame Blanchard föll ur, och ett rop

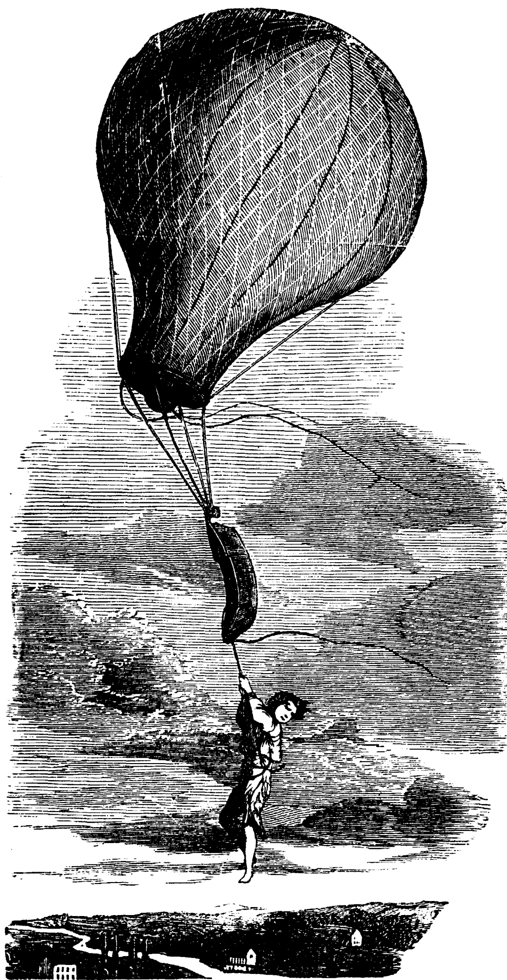


Fig. 122. Den unge Guérins ofrivilliga luftfärd.

om hjelp var det sista, man hörde af henne. Hon upptogs från gatan ett lik med krossad hufvudskål. Balongen var tom och så godt som oskadad, men gasen nästan helt och hållet förtärd.

Vid sidan af namnet Blanchard finna vi en mängd andra, som gjort sig bekanta genom sina luftresor: Jacques Garnerin och hans brorsdotter Elise, Robertson, Margat Coxwell, men framför alla de båda Green, Charles och George, fader och son, på senare tid bröderna Godard och den mångfrestande Nadar i Paris. Deras öden kunna erbjuda romanförfattaren många spännande episoder, men för vårt ämne äro de af föga intresse.

Greens luftresa öfver Kanalen. De båda Greenarnas luftfärder kunna räknas i hundratal, men framför alla intressant är den resa, som Charles Green i november 1836 gjorde från London. Resan öfver Kanalen hade sedan Pilâtre de Roziers olyckliga färd blifvit flera gånger utförd dels från England, dels från Frankrike, då Green den 7 november 1836 med två personer i sitt sällskap uppsteg från London. Hans stora balong var, i stället för den dyra vätgasen, fyld med den mycket billigare, men ej så lätta kolvätegasen (lysgas). De resande hade ännu vid aftonens inbrott Englands jord under sina fötter; dock rörde sig balongen otvifvelaktigt i riktningen mot franska kusten. Det blef natt. Luftseglarna sväfvade öfver den stormiga Nordsjön; de visste det af vågornas brus, som de hörde djupt under sig, medan balongen rastlöst sköt sin bana fram genom de öfre regionerna. På långt afstånd se de ett ljushaf; det är Calais, och balongen sväfvar snart högt öfver dess torn allt längre bort på sin luftiga färd. Det är redan midnatt; då varsnar man i fjerran, utom många andra tätt på hvarandra följande orter, en ny af betydligt omfång. Man ilar fram öfver det af gaslågor upplysta Liège, men äfven dessa ljus slockna, och våra resande äro de enda väsen, som, höljda i nattens dunkel och med den mot mörkret matt afstickande balongen öfver sina hufvuden, genomsegla rymden. Resan går öfver Belgien och den preussiska Rheinprovinsen; redan se de på morgonen ljuslågor åter skimra upp öfver allt, tills dagen slutligen helsar dem och solen höjer sig öfver jorden. Ett herligt landskap med kullar och dalar utbreder sig under deras fötter, morgondimmorna skingra sig, och de besluta sig nu för att stiga ned. Ankaret faller, folk är redan ute på fältet, man har sett dem och skyndar att vara dem behjelplig vid balongens fastgörande. De erfara till sin förvåning, att de befinna sig i Nassau, i närheten af Weilburg, och sålunda tillryggalagt vid pass 60 mil på nitton timmar.

Guérins ofrivilliga luftfärd. Att det äfven kan finnas ofrivilliga luftseglare, se vi af en händelse, som 1843 tilldrog sig i Nantes. Luftseglaren Kirsch hade der annonserat en stor uppstigning. En ofantlig folkmassa trängdes i och omkring promenadplatsen La Fosse. Redan var balongen fyld och allt färdigt till afresan, då plötsligt det ena af de båda tåg, hvarmed han var fäst vid två master, sprang. Det andra var nu ej längre tillräckligt att hålla honom, och balongen höjde sig, förande med sig gondolen, som endast

var fäst på den ena sidan, samt räddningståget, hvarvid ankaret hängde. Ankaret släpar ett långt stycke på gatan och fattar uti en tolfårig lärgosse, vid namn Guérin, hakar sig fast vid hans byxor, uppsliter dem från venstra knäet till höften och blir der qvarsittande i sned riktning tvärs öfver magen, så att den ena ankarhullingen sticker ut genom plagget ofvanför venstra höften. På detta sätt fasthakad, blir gossen, som ännu ej har någon aning om, hvilken farlig luftfärd väntar honom, släpad med ett stycke, innan hans fötter släppa marken. Ledd af en omedveten instinkt, klänger han sig med båda händerna fast vid ankartrossen och blir nu till den samlade åskådarmassans förfäran på detta sätt förd mer än 300 fot upp i luften. En förfärlig katastrof syntes oundviklig; men lyckligtvis sänker sig balongen ett stycke från staden, faller långsamt ned på en äng, och gossen kommer frisk och oskadd ifrån det svåra prof, hvarpå hans ungdomliga mod varit satt.

Arbans uppstigning i Triest. Fransmannen Arban hade 1846 på hösten flera gånger i Triest annonserat en luftresa, men i anseende till ogynsam väderlek måst två gånger inställa henne. Den 8 september hade man ändtligen på gården till den stora kasernen börjat fylla balongen med gas och uppskickat en liten försöksbalong för att utröna vindens riktning. Genom en försumlighet vid gasens beredning hade man ej tillräckligt mycket gas till hands för att kunna fylla balongen så, att han var i stånd att bära luftseglarna och gondolen med dess innehåll. Klockan hade redan slagit 6, och folkmassan, som väntat sedan kl. 4, började blifva otålig. Arban, som fruktade, att man skulle tro, att han ville narra publiken, fattade nu det vansinniga beslutet att utan gondol och endast hållande sig fast vid det fina tåget verkställa uppfarten. Han lyckades under en förevändning aflägsna både poliskommissarien och sin hustru, hvilken nu, liksom flera gånger förut, skulle följa honom på färden, aftog gondolen, slog ett af tågen, hvarmed han varit fäst, i en ögla omkring lifvet, satte sig derpå, kastade loss förtöjningen och uppsteg, hållande sig fast i tåget med den venstra handen och helsande folkmassan med den högra. Med häpnad och beundran såg man efter den förvägne luftseglaren, som hellre ville dö än göra sig skyldig till ett löftesbrott. Balongen steg rakt upp till en höjd af ungefär 1 300 fot och tycktes då vilja taga riktningen mot Carsobergen; men plötsligt ändrade han kosa och tog med utomordentlig hastighet vägen mot hafvet. Man såg honom en stund sväfva fram i denna riktning, tills han slutligen försvann i molnen. Man ansåg Arban förlorad och beklagade uppriktigt hans hustru, som var i den häftigaste förtviflan och tillbragte hela natten på yttersta udden af San Carlomolon. En stor mängd båtar utskickades genast i den riktning, balongen tagit, men natten förgick, utan att man sport det minsta om Arbans öde.

Ändtligen fram på morgonen anlände till Sanitàd marittima en fiskarbåt från Chioggia med luftseglaren om bord. Fiskaren och hans son berättade, att de dagen förut begifvit sig hemifrån för att fiska i farvattnen omkring Grao. Just som de skulle lägga ut sina nät, hade de i månskenet fått sigte på ba-

longen, som, endast till hälften fyld, flöt på vågorna, och bredvid honom Arban, som endast med yttersta ansträngning höll hufvudet öfver vattnet. De styrde genast till honom och räddade honom från en säker död. Detta skedde omkring kl. 11 på aftonen; enligt Arbans egen berättelse hade balongen fallit ned redan före kl. 8. Han hade sålunda tillbragt tre hela timmar i vattnet. Han slapp dock undan för godt pris, och med undantag af en feber hade det halsbrytande företaget ej för honom några menliga följder.

Coxwells och Gypsons misslyckade nattliga luftfärd. Den olyckliga utgången på många luftfärder är ej alltid att tillskrifva en och samma orsak. En mängd omständigheter kan tillstöta och så plötsligt, att äfven den mest erfarnes omtanke och kallblodighet äro otillräckliga för att i rätta ögonblicket använda det afgörande botemedlet. I följd af balongernas betydliga storlek kunna nämligen de särskilda delarna endast åtkommas medelst tåg och snören, som lätt trassla sig; de flesta äro dessutom undangömda för luftseglarens blickar, och olyckan har mången gång redan skett, innan han kan upptäcka skadan. Till och med skickliga fysiker och erfarna luftseglare ha måst besanna riktigheten af detta förhållande. Den balong, hvari astronomie professorn i Napoli Carlo Brioschi och signor Andreani uppstego, sprack i de högre tunna luftlagren, och ventilens vägran att göra tjenst hade nära kostat Coxwell och hans ressällskap lifvet.

Den 9 juli 1847 på aftonen ville Coxwell och Gypson, åtföljda af flera andra personer, uppstiga från Vauxhall i London och från balongen afbränna ett fyrverkeri. Aftonen var ovanligt mulen, knapt en fläkt rörde sig i luften, och ett oväder var tydligen i antågande. »Ändtligen», berättar en af deltagarna i färden, »voro alla förberedelser träffade. Vi togo med oss ett litet förråd af proviant och andra saker, då hr Gypson tänkte stanna uppe hela natten, och sedan ytterligare sex eller åtta säckar sand blifvit intagna som ballast, gaf han befallning att kasta loss. Musiken spelade, folket hurrade och balongen uppsteg med utomordentlig hastighet. Det första försöket att med ett skott tända fyrverkeriet misslyckades, det andra lyckades bättre, och kaskader af röda, gröna, hvita flammor sköto genom luften; det hela måste, nedifrån sedt, ha gjort en utomordentligt praktfull effekt. Emellertid började äfven fyrverkeriet i Vauxhall, och vi sågo så väl ljusskimret öfver trädgården som de uppstigande raketerna; då och då upplyste en blixt hela panoramat, dock allt för flygtigt att tillåta blicken urskilja några enskilda partier. Öfver oss hvälfde sig nu det klara himlahvalfvet, besådt med otaliga stjernor.

»Vi uppstego allt högre, tills Gypson sade oss, att vi hunnit en höjd af 7 000 fot. I detta ögonblick rapporterade Coxwell, som skötte ventilsnöret och satt ofvanför oss på nätverkets ring, att balongen i följd af luftens utomordentliga förtunning började bli mycket stram. Gypson gaf genast tillsägelse att genom den öfre ventilen utsläppa litet gas. Coxwell drog på snöret, och strax derpå hörde vi ett brusande dån, ej fullt så starkt, men för öfrigt liknande det, som uppstår, när ångan utsläppes ur ett lokomotiv. Den nedre de-

len af balongen drog hastigt ihop sig, och denna rörelse fortgick uppåt. Gypson ropade genast: »För Guds skull, hvad har händt?» Coxwell svarade: »Ventilen! Vi äro förlorade!» I samma ögonblick började balongen falla med en förfärlig hastighet. Allt, som möjligen kunde, kastades öfver bord för att lätta balongen, men det hjelpte ej. Ovädret rasade fruktansvärdt öfver våra hufvuden, och för att råga måttet af dessa ögonblicks fasor kommo vi midt in bland fyrverkeripjeserna, som hväsande genomforo luften, och några ännu glimmande rakethylsor fastnade i tågverket. Blixtarna ljungade omkring oss, och hela balongen började snart darra och bäfva.

»Huru länge fallandet varade, är mig omöjligt att säga; dock måste det ha räckt i minst två minuter. Vår räddning tillskrifver jag endast den omständigheten, att balongens öfre nätverk ej brast, utan omslöt sidenet i form af en solfjäder, som tjenade oss till fallskärm. Vi sågo nu husen i London, hvilkas tak tycktes rusa rakt på oss, och i nästa ögonblick, då vi sköto förbi en takås, ropade vi alla med en mun: »Håll fast honom!» Stöten, då vi föllo till marken, var förfärligt häftig; vi slungades samt och synnerligen ur gondolen in i nätverket, som så omsnärjde oss, att vi i början ej kunde röra oss, och hade vi fallit i Thames, skulle vi säkerligen ej kunnat rädda oss. En stor folkmassa samlade sig genast, och vi befriades snart ur vår fångenskap. Så underbart det än kan synas, blef dock ingen allvarsamt skadad; sönderrifna kläder, stukade hattar samt några skråmor och blånader voro de enda följderna af vårt fall från en höjd af mer än 7 000 fot.»

Coxwells uppstigning från Leipzig. Betecknande för hela luftseglingen är, att vårt intresse derför, från det ögonblick det visat sig, att menniskor kunna uppstiga i balong och till en betydligare höjd, hufvudsakligen underhålles af de olyckshändelser, som tid efter annan drabba luftseglarna. Alla lyckligt aflupna luftresor, med undantag af den första och den längsta samt dem, som ega ett särskildt vetenskapligt eller annat intresse, hafva för alla andra än deltagarna sjelfva mycket litet, som fängslar. Uppstigandet sjelft är högst enkelt och erbjuder ej den tänkande åskådaren något synnerligt nöje; mängden känner sig kittlad af tanken på en möjlig olycka och betraktar luftseglaren ungefär på samma sätt som lindansaren: båda kunna ju bryta halsen af sig.

Helt annat måste dock det intryck vara, en sådan färd gör på dem, som anförtro sig åt sidenblåsan och med gondolen uppstiga i luftoceanen. Vi skola här meddela en skildring af en sådan resa, som under Coxwells ledning 1851 företogs från Leipzig, hufvudsakligen för att visa, hvilket intryck det ovanliga förmår göra på fantasin. Berättaren är en af deltagarna, dr W. Hamm i Wien.

»Balongen (fig. 123) höll i höjd 60 och i omkrets 118 fot, hade ett kubikinnehåll af 32 000 kubikfot, gondol med rum för fyra personer och fyldes på gasverkets gård med ungefär 24 000 kubikfot lysgas. Sedan förhållandet mellan ballasten och balongens bärighet blifvit sorgfälligt afvägdt, gaf hr Coxwell kl. strax efter 5 signal till affärd, och balongen sköt hastigt upp i

riktning från nordost till sydvest öfver vestra delen af staden och försvann efter några minuter i den täta molnmassa, som likformigt betäckte hela himmelen. Med inträdet i molnregionen, nära 4 000 fot öfver staden, bredde sig först ett lätt dunsttäcke öfver den lifliga marknadsscenen, blef allt tätare och gömde den slutligen helt och hållet för våra blickar.

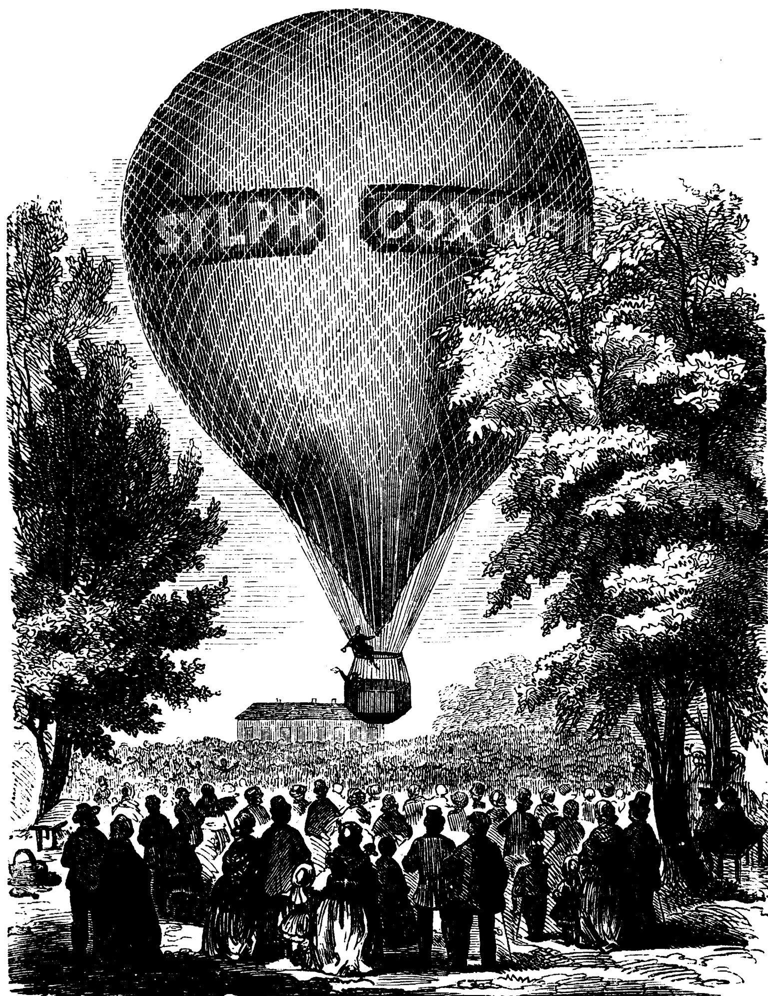


Fig. 123. Coxwells balong i Leipzig.

»I samma ögonblick bildade molnens gråa färg med den honom till folium tjenande jordens ett nattligt dunkel under gondolen, medan omkring och öfver oss visade sig en något ljusare, öfver allt lika matt färgton. Detta nattdunkel försvann dock hastigt åter, och dermed det sista synbara tecknet till jordens närhet. Sorlet trängde endast oredigt och doft upp till örat, ögat förmådde

ej mäta sin synkraft på något föremål, den besvärade andedrägten och en lätt tryckning öfver hjessan erinrade lifligt om en af de tjockaste höstdimmorna, hvilkas täthet dock här vida öfverträffades. Temperaturen hade märkbart sjunkit, och det kändes på en gång fuktigt och kyligt. Något regn märktes dock ej. Passagen genom detta för ögat ofruktbara område begagnades för att fastgöra ankaret vid tåget och hänga det utom gondolen. Utkastning af litet ballast påskyndade balongens fart, och utan att någon rörelse märktes, hade han snart hunnit öfre gränsen af det nära 3 000 fot tjocka molnlagret.

»Öfverraskadt af den scenförändring, som här mötte det, skådade ögat beundrande ut öfver ett ej anadt panorama. Under ett hvalf af jättelika molnmassor utbredde sig från horisont till horisont ett oöfverskådligt molnhaf. Den renaste atmosfer tillät blicken att ströfva fritt omkring i det ofantliga rummet mellan de båda molnlagren. De än oändligt fina, än groteska molnbildningarna tycktes i alla färgnyanser från hvitt och grått till blått och i magiskt matt belysning vilja efterhärma jordytans former. De skenbart hopflytande gränserna och den nära 2 000 fot aflägsna molnhimmelns hvälfning gåfvo det hela utseende af en jättegrotta, på samma gång de utvisade de väldiga molnlagrens likformiga utbredning öfver jorden. Den ljudlösa stillheten i denna ensliga luftverld, der vår balong nu tyst sväfvade fram, stördes endast af ett matt sorl nedifrån jorden: det rasslande dånet från bantåget. Liksom ögat, hade äfven känseln och andedrägten erfarit förändringen. Luften var torr och dess kyla derför angenämare, respirationen lätt och fri och tyngden öfver hufvudet borta. Kroppen erfor ett obeskrifligt välbehag. Men njutningen häraf dref oss allt jemt uppåt till nya njutningar; något ballast mindre, och luftskeppets logg, den lätta pappersremsan, sjönk pilsnabbt ned utmed gondolens sida. Balongen, som redan sväfvade vid undre kanten af det andra molnlagret, måste 2 000 fot högre, innan han genomträngt det. En passagerare, som vi hittills ej märkt, en stor mygga, lemnade nu fartyget. Hon surrade några ögonblick bredvid oss, men var sedan ej mer att se: hon hade sannolikt förfrusit. Hoppet att nu omsider komma ut i dunstfri eterocean gick ej heller denna gång i fullbordan, men denna svikna förhoppning fick en rik ersättning. När balongen sköt ut ur det andra molnlagret, visade sig för blicken samma sceneri af en isolerad luftverld, som mellan de båda undre lagren: bilden af en jättelik molngrotta, begränsad upptill af ett i silfvergrått strålande dunstfirmament, nedtill af ett molngolf med droppstensbildningar med samma hvälfning vid horisonten, samma fantastiska bilder, men öfver allt företeende skönare former, mjukt slingrade uti hvarandra, öfvergjutna med ett magiskt skimmer, erbjudande hänförande reflexer och försänkta i en sublim ro, dit jordbullret ej förmådde uppsända ens den svagaste hviskning. Ingenstädes lif och likväl ingen känsla af hemskhet. Öfver silfverströmmarna i fjerran, öfver de strålande ruinöknarna, begränsade af stelnade hafsvågor, öfver grafhögarna vid stranden, öfver det oöfverskådliga molnlandets pittoreska alpverld förde mig den lössläpta fantasin som en af Ossians andar.

»Är det ej herligt!» ropade Coxwell, men tonen i hans röst var klanglös, och hans andedrägt syntes nästan hvit. Han drog på ventilsnöret, och det eljest så starka ljudet var nu svagt. Gasen i balongen hade en mattare glans, och balongen sjelf, som vid uppstigningen ej varit fullständigt fyld, var nu stramt spänd. Han befann sig tätt invid gränsen till det tredje molnbältet, mer än 10 000 fot öfver hafsytan. Klockan var nu 18 minuter öfver 5.

»Resans ändamål var vunnet: en blick kastad inom himlens molnslöja. Antalet af de molnhvalf, som ännu höjde sig öfver hvarandra och hindrade solstrålen att nedtränga till jorden, blef oss obekant; efter en så sublim skymningsprakt längtade vi ej efter det klara dagsljuset. Derför helsade blicken ännu en gång till afsked denna underverld, den säkra handen drog på ventilen, och trycket på hjernan sade oss, att vi med ilande fart sköto ned mot jorden igen. Snart var det andra molnlagret åter passeradt, och med saktad fart gled nu balongen genom den nedre molngrottan. Med den fasta handen om ventilsnöret och ögat riktadt än på de fladdrande pappersremsorna, än på balongens spänning, samt noga beräknande proportionen mellan gas och ballast, förde Coxwell säkert sitt fartyg hemåt. Redan insvepte oss åter samma moln, som vid uppstigandet först mottagit oss. Molnmassorna blefvo dunklare i midten af lagret; äfven det endast 125 fot under gondolen hängande ankaret var knappast synligt. Mot balongen slog nu regnet, hvarpå Coxwell redan i de öfre regionerna beredt oss. Åter hördes lokomotivets rasslande, och äfven hundskall trängde upp till oss. Den grå slöjan under gondolen blef åter mörk; här och der visade sig dock ljusare ställen, tills plötsligt den friska bilden af skogar och fält med byar och en flods slingrande silfverband (Saale) afslöjade sig för blicken. Balongen gick öfver den och tog riktningen mot en på afstånd liggande stad (Lützen). Men vinden dref honom till venster derifrån, och vi måste nu söka ankra i närheten af någon af de större byarna.

»Luftskeppet passerade öfver två byar, utan att man derifrån hörde vår fråga om namnet på trakten; men från den tredje trängde upp till oss ropet: »En balong! En balong!» Detta bestämde oss att nedstiga. Coxwell utsåg till nedstigningsplats ett högt beläget, afmejadt åkerfält emellan salinerna Dürrenberg och Kötschau ungefär en åttondedels mil från stället, der vi nu befunno oss, och balongen sänkte sig kl. en qvart öfver 6 ned på kanten af det utsedda fältet så lugnt och sakta, att i det ögonblick, gondolen berörde marken, ej den minsta stöt kändes.»

I Amerika ha naturligtvis lika många luftfärder blifvit utförda som på denna sidan Atlanten. Den 1 juli 1859 företogo fyra amerikaner, professor Lamountain samt hrr Wise, Gayer och Hyde, en luftfärd från S:t Louis i ändamål att i balong tillryggalägga den 200 mil långa vägen mellan denna stad och New-York. Deras balong var 170 fot hög och hade en diameter af 70 fot. De uppstego till ganska betydliga höjder och skildrade det intryck, som de djupt under dem liggande landskapen med sina strömmar, skogar och prärier gjorde på dem, som verkligt förtrollande. Under hela natten var det så ljust, att de till och med på en höjd af 10 000 fot kunde tydligt skilja

prärierna från skogarna. »Vi summo», berättar en af de resande, »i ett slags genomskinlig dunst, som, utan att ega någon förnimbar kroppslig substans, syntes sammansatt af idel små ljuspartiklar. Den verkan, detta ljus frambragte, var mycket egendomlig. Det gaf balongen ett fosforescerande skimmer, som om han varit lastad med eld. Detta sken var så starkt, att hvar enda linie af nätet, hvart enda veck på sidenet, hvart enda snöre och hvar enda knut voro tydligt synbara.»

Skildringen af de händelser, som de under färden skola upplefvat, är så äfventyrlig, att vi finna rådligast att förbigå den, öfverlemnande åt läsarens fantasi att på egen hand af kolsvarta moln, ett nedstörtande midt i Ontariosjön, utkastande af all ballasten, gondolens kapande, balongens återuppstigande i ursinnig fart med de i tågverket hängande passagerarna, flygt öfver Niagara, Canada, urskogar o. s. v. sätta ihop ett skådespel med de mest drastiska effekter.

Sedan denna resa har det mycket talats om en ny af vida större dimensioner: en färd öfver Atlanten till Europa. Man har till och med i New-York visat den härtill bestämda balongen med allt hans tillbehör för penningar; måhända var dock detta just hufvudsaken, ty om sjelfva resan har sedan ej det minsta försports.

Man skulle tro, att en sådan resa som den nyss nämda endast kunde förekomma i Amerika, och likväl gifva flera luftresor, som i Europa blifvit företagna, denna ej mycket efter.

Nadars luftresa från Paris. Redan någon tid förut hade en dr Roth, som äfven uppfunnit en räknemaskin, uttänkt en plan till ett nytt luftfartyg, men i anseende till de dermed förenade kostnaderna ej kunnat sätta den i verket. Slutligen antog sig dock Nadar, den bekante journalisten, fotografen m. m., saken. Med tillhjelp af pressen och ett storartadt puffsystem förstod han så bedrifva det, att ett aktiebolag bildades för planens verkställande.

Man bygde först en jätteartad luftbalong, Le géant, hvarmed resor skulle göras och utställningar föranstaltas för att på detta sätt anskaffa medel till förfärdigande af den stora luftseglingsapparaten. Géant behöfde till sitt fyllande nära 230 000 kubikfot gas. Gondolen (fig. 124) var den intressantaste delen af hela luftskeppet. Bygd af rotting, hvars fasthet på ett utmärkt sätt bestått profvet, hade han två våningar och liknade till sitt yttre en jernvägsvagn. Han innehöll alla beqvämligheter, som man under en resa af flera dagar kan behöfva, såsom sängar, toalettbord, fotografiska apparater, en tryckpress, fysikaliska instrument, proviant o. s. v. Man hade med ett ord tänkt på allt. Den första luftfärden, till hvars åskådande, som på montgolfierernas tid, halfva Paris infunnit sig, blef dock af kort varaktighet. Balongen uppsteg ungefär 7 000 fot i höjden, men kom snart ned igen. I Meaux, ett par mil ifrån Paris, föllo Nadar och hans sällskap temligen omildt ned, hvilket efter det pompösa programmet gaf de satiriska parisarna rikt ämne till bitande skämt.

Tidningarna uppträdde dock till hans försvar, och då den andra uppfärden söndagen den 18 oktober skulle ega rum, hade allmänheten redan återfått en blidare stämning.

Marsfältet vimlade nu af en, om möjligt, ännu talrikare åskådarmassa än förra gången, som utbröt i entusiastiska hurrarop, då Géant strax efter mörkrets inbrott med sina passagerare höjde sig i luften. Liksom förra gången, var äfven nu den bekante Godard som konduktör med på färden; hela sällskapet bestod af inalles nio personer. Géant var det allmänna samtalsämnet för dagen, Nadar i allas mun, och måndagstidningarna, som för-

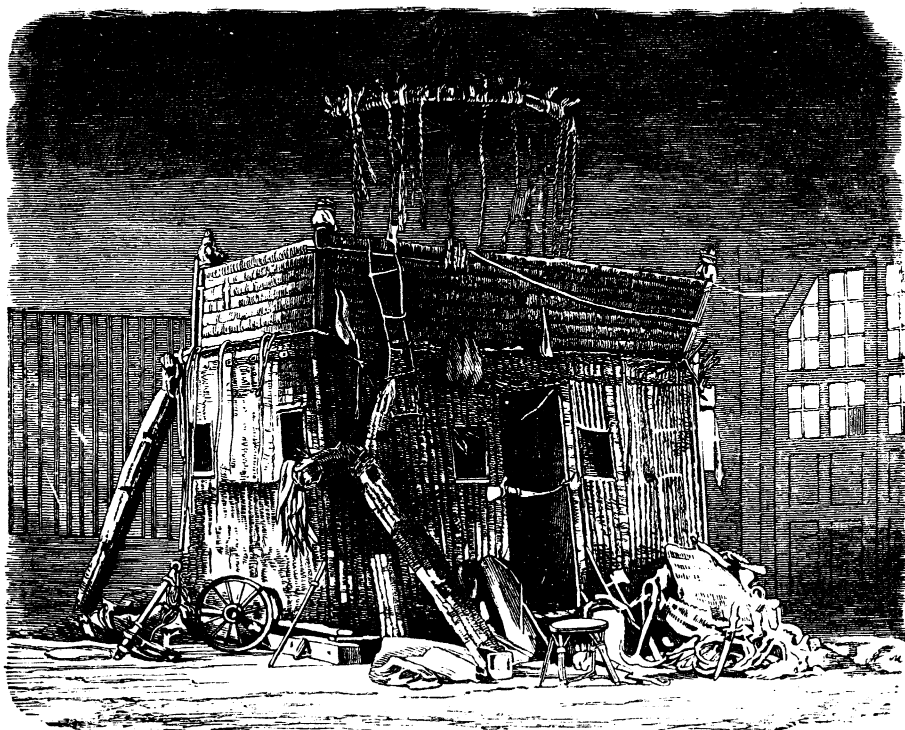


Fig. 124. Den nadarska balongens gondol efter den misslyckade expeditionen.

modades innehålla underrättelser om luftseglarna, fingo en strykande åtgång. Men de läto länge vänta på sig. Slutligen, på tredje dagen, kom underrättelse, att Géant fallit ned i Tyskland vid Weser, att Nadar och hans unga modiga hustru vore svårt sårade och de flesta af de öfriga deltagarna i färden illa skadade.

Så var äfven i sjelfva verket förhållandet. Efter en temligen oangenäm färd under natten, då man låtit balongen gå lågt, befann man sig följande morgon sväfvande öfver en stor, i dimma insvept slätt, som man tog för holländsk mark, och då Nadar här befarade hafvets närhet, gaf han befallning

om nedstigning. Men af nattens dagg och dimma hade tåget, som skulle öppna ventilen, blifvit så styft och slipprigt, att det nästan vägrade att göra tjenst. Gasen strömmade ej ut i tillräcklig mängd, så att balongen kunde fullständigt nå marken. Dertill kom en stark blåst, som med all makt jagade den voluminösa Géant framför sig.

Man hade i nordostlig riktning på 14 timmar tillryggalagt en vägsträcka af mer än 150 mil och under natten följt en kurs, som på kartan ungefär betecknas af punkterna Compiègne, S:t Quentin, Bruxelles, Mecheln, 's Bosch, Arnhem, Nienburg, Rethem m. fl. Redan vid Nienburg beslöto de resande nedstiga, men gasens utströmmande var så ofullständigt, att gondolen endast snuddade vid marken och balongen strax derpå åter höjde sig och under stigandet drog vaggonen med sig. På detta sätt blef den återstående delen af färden ett oupphörligt hoppande i stora bågar öfver fält och häckar, klippor och träd. Ankaret hade redan i Nienburg gått förloradt. Då man här på bangården fått se balongen, hade ett lokomotiv genast farit ut med en vagn för att taga vidundret i närmare betraktande och, om möjligt, ge det någon handräckning. Det lät sig dock ej göra. Géant passerade banan, tog med gondolen med sig ett stycke af banken, slet af de starka telegraftrådarna, hvartill det, i parentes sagdt, behöfves ett tryck af hundra centner, och var med ett språng öfver på andra sidan. Allt vidare går den farliga färden. Inuti gondolen herskar den största förvirring. Passagerarna slungas omkring i alla riktningar. Slutligen lyckas det att genom utkastande af ballast få balongen att åter stiga. Den modige Jules Godard klättrar upp på tågen och öppnar ventilen. Balongen faller nu ändtligen till marken, men olyckligtvis fattar blåsten uti honom och drifver honom framför sig till den ungefär en half mil från Rethem belägna Frankfeldskogen, der han slutligen fastnar i träden.

Så snart gondolen närmar sig marken, hoppa de af passagerarna, som ännu äro i stånd dertill, genast ut. Madame Nadar trasslar dervid in sig och faller under den nära 30 centner tunga gondolen. Mer än en half timme förgick, innan man lyckades framdraga henne undan den förfärliga tyngden. Oskadd hade ingen sluppit undan. Några voro mycket betänkligt sårade, och madame Nadar hade, utom svåra kontusioner, äfven fått nyckelbenet afbrutet. En hade brutit af sig armen, och Nadar sjelf hade en mängd blessyrer. Man befann sig till råga på olyckan i ett främmande land, för hvars invånare man hade svårt att göra sig begriplig, och de beklagansvärdas lidanden förlängdes i följd af de ogynsamma omständigheterna på ett sorgligt sätt. De hade dock ej förmått bryta Nadars mod, och förberedelser till en ny stor luftresa blefvo efter återkomsten till Paris med den största ifver vidtagna. En mängd färder har äfven sedermera egt rum, utan att dock de i det nadarska aktiebolagets prospekt såsom fullkomligt säkra bebådade resultaten blifvit uppnådda.

Jemte Nadar uppträdde bröderna Godard med en jättebalong om nära 130 fot i höjd (utom gondolen), 100 fot i diameter och ett kubikinnehåll af mer än 574 000 kubikfot. Balongen, hvars namn var L'aigle, fyldes med

uppvärmd luft; men ej heller dessa företag gåfvo några nämnvärda resultat, ehuru den äldre Godard redan gjort mer än femhundra luftfärder.

Under parisutställningen voro alla söndagar stora representationer föranstaltade. Bland annat hade en företagsam person i närheten af Marsfältet hyrt en stor plats, der man från uppförda läktare kunde åskåda förberedelserna till uppsändandet af en så kallad ballon captif. Mot en afgift af 50 franc kunde man till och med bereda sig nöjet att följa med på färden. Balongen, som fasthölls af en lina, steg så högt linans längd tillät, och det hufvud-

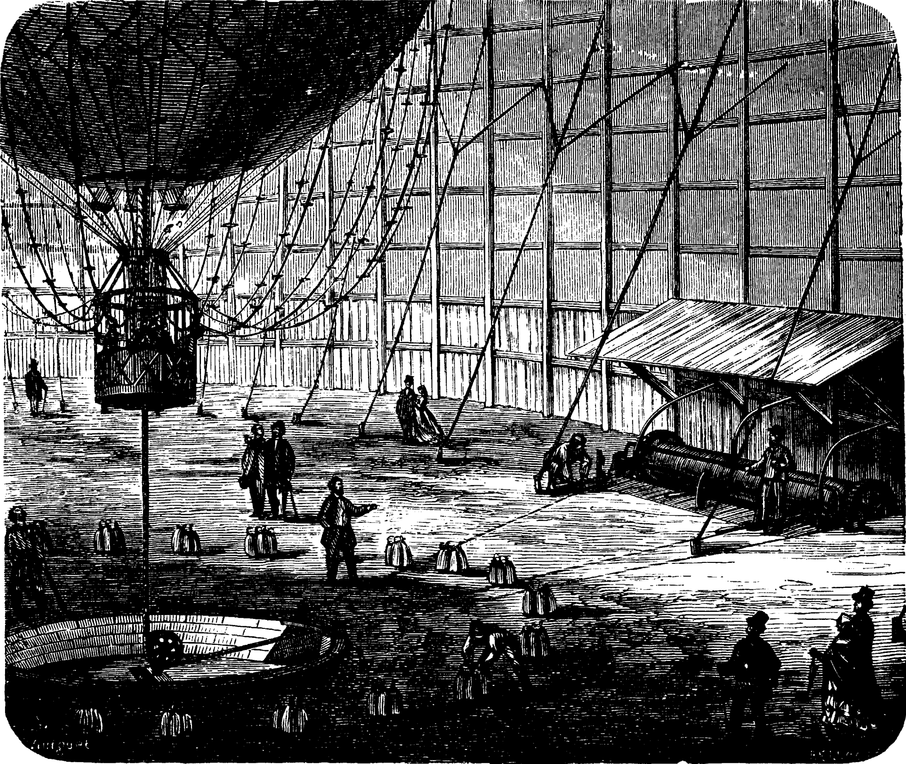


Fig. 125. Ballon captif, konstruerad af Griffard i Paris 1869.

sakligaste nöjet af färden bestod i den utsigt, man från denna höjd hade öfver den stora staden. Fig. 125 visar det sätt, hvarpå detta slags balonger äro fastgjorda. Samtidigt anstäldes äfven af bröderna Godard från Triumfbågen luftresor, i hvilka så många, som hade lust och råd och balongen förmådde bära, fingo deltaga. Dessa mer eller mindre äfventyrliga färder äro dock alla så lika hvarandra, att vi redan nog syselsatt oss dermed. De ha ej förmått bereda den allmänna samfärdseln de fördelar, man i början deraf lofvade sig, ja, om man undantar de tjenster, han gjorde under Paris' belägring, kan man säga, att balongen i detta hänseende hittills ej uträttat det minsta.

Emellertid står den fysiska geografin onekligen i tacksamhetsskuld till luftseglingen för besvarandet af frågor, som endast kunnat lösas genom observationer på olika höjder af luftkretsen. Vi skola derför gå tillbaka för att med några ord omnämna de vigtigaste af dessa för vetenskapliga ändamål företagna färder.

Gay-Lussacs och Biots luftresa. Robertson och hans landsman L'Holst hade vid sin uppstigning i Hamburg den 18 juli 1803 uppnått den största höjd, hvartill någon luftseglare dittills framträngt. Efter sin beräkning hade de höjt sig nära 25 000 fot öfver jordytan. Af sina härunder gjorda iakttagelser trodde de sig bland annat kunna sluta, att intensiteten af jordmagnetismens verkningar aftager med den växande höjden, äfvensom att de elektriska fenomenen förete märkvärdiga afvikelser. Då nu äfven från Petersburg, dit Robertson begifvit sig och der han tillsammans med en rysk vetenskapsman, Saccharoff, förnyat sina försök, underrättelser ingingo, som syntes bekräfta hans påståenden, väckte Laplace inom franska akademin förslag om en noggrann undersökning af de hit hörande frågorna och uppsändande af en vetenskaplig expedition för detta ändamål till luftens regioner.

Två af akademins yngsta och mest ansedda medlemmar, fysikerna Biot och Gay-Lussac, utvaldes och försågos med instruktioner och de yppersta instrument. Den 20 augusti 1804 uppstego de från trädgården till Conservatoire des arts et métiers. Ändamålet med resan vans fullkomligt, ty deras med största samvetsgranhet och noggranhet gjorda observationer gåfvo fullständigt svar på alla de uppstälda frågorna. Det bekräftade sig alls icke, att den jordmagnetiska kraftens intensitet aftager med den växande höjden. Vid en höjd af 13 000 fot öfverensstämde magnetnålens svängningar i hastighet och utslag helt och hållet med svängningarna vid jordytan, och Robertsons påstående visade sig vara ett fullkomligt misstag, som dock lätt kunde förklaras af de stora svårigheter, som med dylika observationer äro förbundna. Ty balongen erbjuder ingen stilla och stadig ståndpunkt. Utom det att han oupphörligt stiger eller faller och af den lättaste luftström föres framåt, har han tillika äfven en högst märkvärdig rotation omkring sig sjelf, som han utför än i den ena, än i den andra riktningen. Är denna också ej så synnerligt hastig, inverkar hon dock på magnetnålens svängningar, och för att kunna göra en noggrann iakttagelse måste observatören alltid passa på det ögonblick, då balongens vridning öfvergår i en annan och ett ögonblicks stillastående inträder. Vid barometerobservationer måste ihågkommas, att, när balongen sänker sig, qvicksilfverspelaren alltid står litet för högt i röret, vid hastigt stigande deremot litet för lågt. Men luftseglarna kunna ej af några föremål i närheten sluta till sin egen rörelse. För att förvissa sig derom utkasta de derför små papperslappar. Försvinna dessa hastigt i djupet, stiger balongen, följa de honom deremot, faller han, och man kan af de små märkenas hastighet beräkna sin egen. Gay-Lussac och Biot konstaterade dessutom, äfven i strid med de robertsonska observationerna, att verkningarna af Voltas stapel och elektri-

citetsmaskinen genom den större höjden ej undergingo någon förändring, och förde dessutom med sig tillbaka värdefulla uppgifter om fuktighets- och värmeförhållandena i de högre luftlagren.

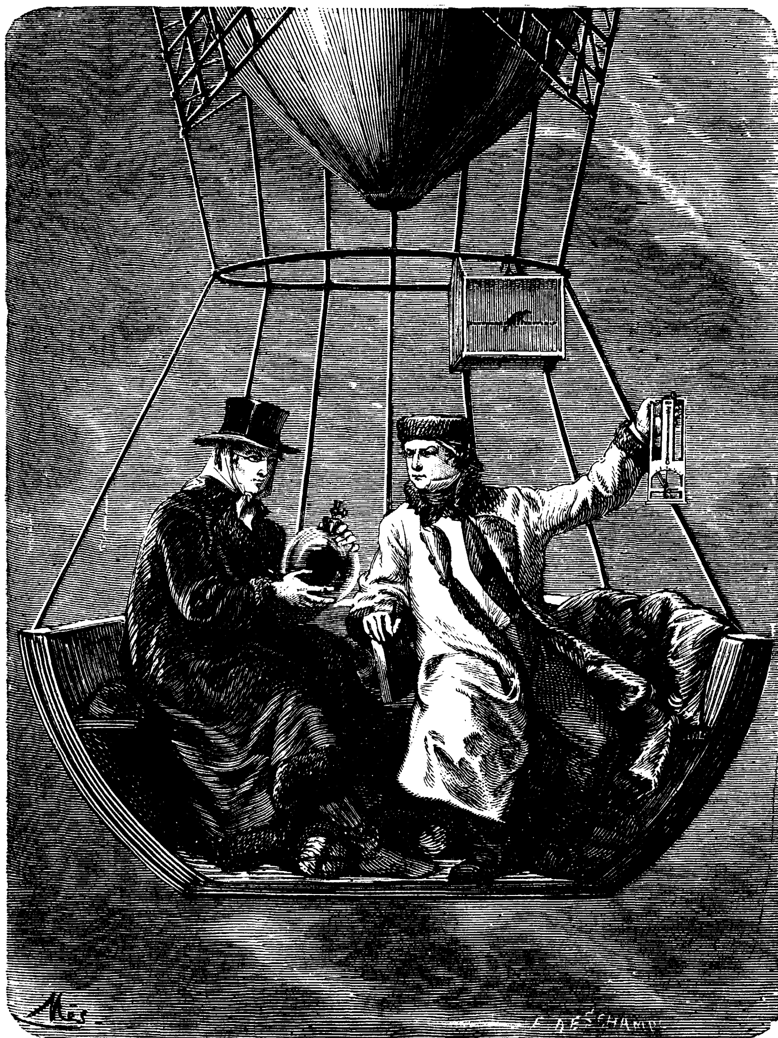


Fig. 126. Gay-Lussac och Biot i luftbalongens gondol.

För att uppnå en ännu betydligare höjd och öfver hufvud den största möjliga företogs strax efter den första uppstigningen en ny, som, för att balongen skulle så litet som möjligt belastas, utfördes af Gay-Lussac ensam. Han framträngde denna gång till en höjd af nära 30 000 fot och förvärfvade sålunda äran att ha kommit längre från jordens medelpunkt än någon af sina föregångare. De resultat, som under denna nya uppstigning vunnos, öfverens-

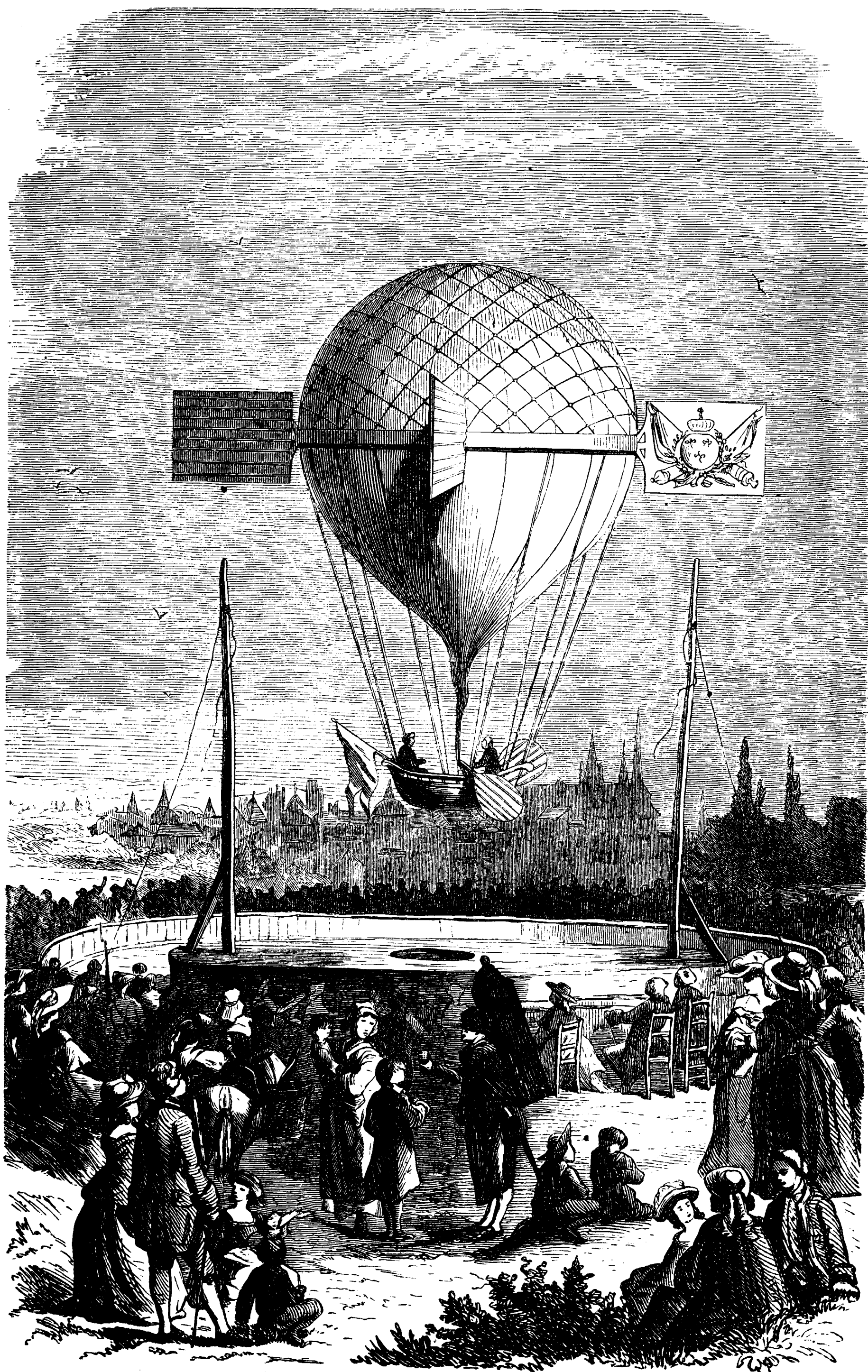


Fig. 127. Luftsegling från Dijon den 25 april 1784.

stämde i allt med hans och Biots gemensamma iakttagelser under den förra expeditionen. Luft, som insamlades i de högsta regionerna och i väl tillslutna flaskor medfördes ned till jorden, visade sig vid analysen till sin kemiska sammansättning fullkomligt öfverensstämma med den, som vi nere vid jordytan inandas. Utom dessa båda luftfärder har ingen haft något nämnvärdt vetenskapligt resultat. På senare tider hafva i England tid efter annan vetenskapliga balongfärder egt rum, bland hvilka i synnerhet Welshs (1852 med Green) och Glaishers (1862 och 1863 i Coxwells balong) förtjena nämnas. Den senare uppnådde dervid den 5 september 1862 en höjd af minst 30 000, om ej till och med af 37 000 fot.

Luftbalongens styrning. Man utgick i äldre tider från den förhoppningen, att man med tillhjelp af åror och vingar skulle efter behag kunna styra luftbalongen, alldeles som ett fartyg på vattnet. Alla försök, som i denna riktning blifvit gjorda, hafva dock endast gifvit negativa resultat. Fig. 127 visar ett sådant fruktlöst försök, som den 25 april 1784 gjordes i Dijon.

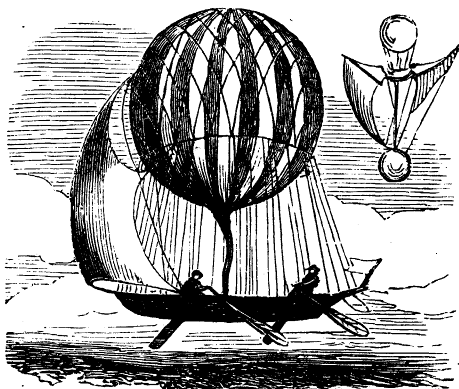


Fig. 128. Användning af segel och åror vid luftseglingen.

Sedermera utbildade sig den åsigten, att lufthafvet genomskäres af en mängd strömmar, som i olika riktningar gå den ena öfver den andra; man behöfde derför blott uppstiga till den för resan lämpligaste för att hastigt och beqvämt hinna målet. En förut uppskickad försöksbalong visade de högre vindarnas riktning, det öfriga skulle segel och åror göra (fig. 128). Nu låter det visserligen ej bestrida sig, att luftströmmar med olika riktningar mycket ofta förekomma den ena ofvanom den andra. Så berättar den bekante luftseglaren Reichardt, att han en gång vid en uppstigning i Varsjav af motsatta strömmar i högre och lägre luftlager tre gånger drefs rundt omkring staden. Men det är endast undantagsvis de förekomma i så stort antal; i vanliga fall ges det blott två herskande luftströmmar den ena öfver den andra, som gå i nästan motsatt riktning och derför endast i mycket inskränkt grad låta använda sig. Erfarenheten ledde också luftseglarna småningom till den insigten, att på denna väg ingenting står att vinna.

Petin i Paris uppgjorde planen till ett luftfartyg, som skulle skänka ett större antal personer nöjet af en gemensam luftresa. Fyra stora balonger, hvar och en af 90 fots diameter, skulle uppbära en ram af 470 fots längd och 200 fots bredd (se fig. 129). En stor del af ytinnehållet mellan ramens sidor upptogs af vridbara, sluttande skifvor, med hvilkas tillhjelp konstruktören trodde

sig kunna styra apparaten. Petin arbetade så ifrigt för sitt projekt, att han verkligen lyckades samla medel för att kunna utföra det i någorlunda stor skala. Men auktoriteterna förbjödo, på alla sakkunnigas tillstyrkan, uppstigningen. Petin begaf sig då till Amerika, men ej heller der synes hans äfventyrliga plan ha funnit någon gynsam jordmån, ty man har sedan ej hört talas derom.

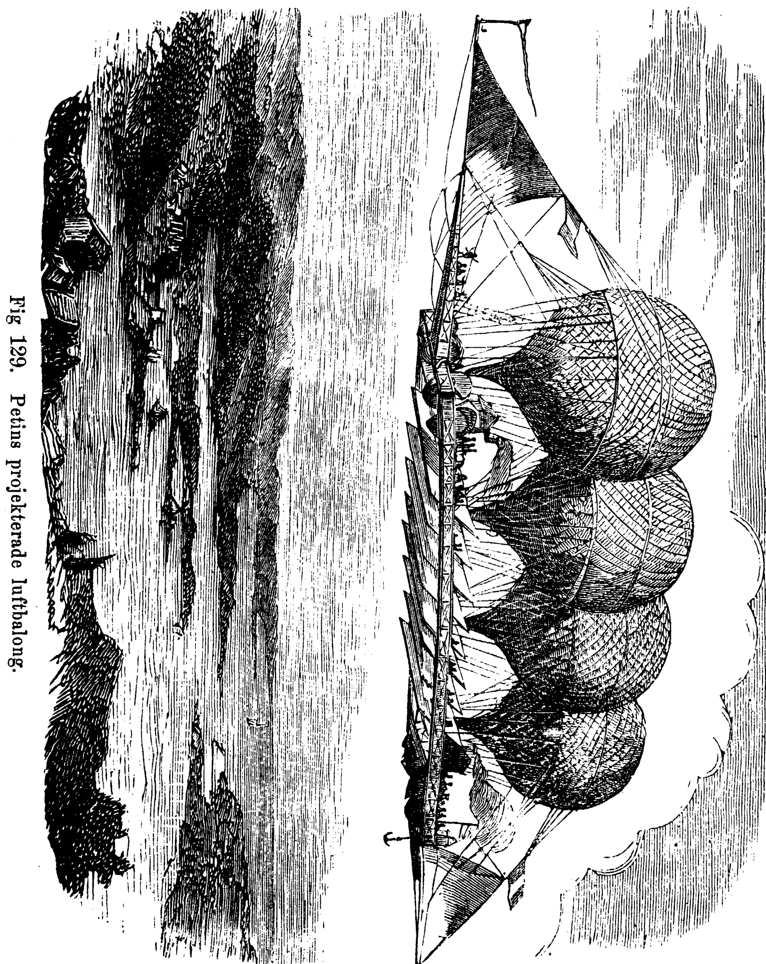


Fig 129. Petins projekterade luftbalong.

Det skulle vara svårt att uppräkna alla de olika uppfinningar, som i denna riktning blifvit gjorda och af hvilka ingen enda motsvarat det dermed afsedda ändamålet. Hos de flesta låg den svaga punkten deruti, att de voro fästa vid gondolen, och då denna endast genom smala tåg hängde tillsammans med den mycket voluminösare balongen, kunde kraften antingen alls icke eller också till högst ringa del öfverflyttas på den senare. En styrinrättning

måste, för att kunna ha någon verkan, vara anbragt på sjelfva balongen. Men i sakens natur ligger, att alla dylika försök snarare skola ha till följd, att balongen endast vrider sig omkring sin axel, än förmå gifva honom en varaktig och bestämd riktning. Ett bevis härpå ger den franske ingeniören Giffards balong. Den bestod af en cylinderformig balong med styre och arkimedisk skruf, som drefs af en ångmaskin om tre hästkrafter. Den första och sista uppstigningen egde rum den 24 september 1852, och Giffard förklarade sig mycket belåten med utgången. Att fara emot vinden, sade han, hade alls icke legat i hans plan, men han kunde med lätthet vända åt sidan och beskrifva kretsar.

För dess originalitets skull skola vi äfven omnämna ett annat förslag, som för några år sedan äfven var föremål för behandling i vetenskapliga tidskrifter. Som bekant, låter kolsyregasen, som man genom öfvergjutning med saltsyra kan utveckla ur krita, under vissa omständigheter bringa sig i fast form. Men denna fasta kolsyra har då en ytterst liflig benägenhet att öfvergå i ånga. Hon förflygtigar sig hastigare än någon annan kropp, och ångan har en mycket stor spänstighet. Denna egendomlighet hos kolsyran skulle nu på det sätt tillgodogöras för luftbalongernas styrning, att en ihålig, med fast kolsyra fyld metallkula fästes vid balongen. Förses nu denna kula på ena sidan med ett litet hål och detta öppnas, rusar den gasformiga kolsyran med stor häftighet ut, och kärlet blir derigenom, liksom raketen genom den utströmmande krutgasen, drifvet åt motsatt håll. Till utförande har förslaget dock ännu ej kommit och skulle sannolikt ej heller haft något bättre resultat än sina otaliga föregångare. Man kan påstå, att luftseglingen ännu, nästan ett helt århundrade efter sitt första uppträdande, befinner sig i alldeles samma utvecklingsskede, som hon uppnådde genom de inrättningar, hvilka redan Charles gaf balongen. En verklig nytta har luftseglingen en gång, i händerna på Gay-Lussac och Biot, haft; för den fredliga samfärdseln deremot saknar hon denna trygghet, som är det oeftergifliga vilkoret för ett praktiskt användbart kommunikationsmedel. Endast der, hvarest inga andra befordringsmedel mera stå till buds, kan man göra ett försök med luftbalongen; men lika litet som man för den regelbundna postförbindelsen kan begagna sig af brefdufvor, lika litet kan man ännu tänka på en regelbunden person- eller varutrafik medelst luftbalonger.

De fall, då man blifvit tvungen dertill, erbjuder endast kriget. Man har begagnat luftbalongen som strategiskt hjelpmedel för rekognoscering af fiendtliga positioner, och under det näst sista italienska fälttåget åtföljde Godard franska armén för att från en med långa linor fasthållen luftbalong anställa rekognosceringar. Alldeles på samma sätt tjenade balongen fransmännen redan under revolutionskrigen i Belgien och vid Rhein (fig. 130), då de en gång af belgerna fingo en balong sönderskjuten. Den förste Napoleon satte dock ej vinsten särdeles högt, ty han lät hela saken snart åter falla.

Under den senaste belägringen af Paris har dock luftbalongen spelat en betydande rol, mera betydande än någonsin förut. Balonger uppstego dagligen,

i början, innan de tyska armeerna ännu fullständigt inneslutit jättestaden, fasthållna vid långa linor. Men slutligen, då alla förbindelser, äfven de underjordiska telegrafledningarna, blifvit afskurna och intet annat medel att få underrättelser ut från staden återstod, uppträdde luftbalongen som ett verkligt samfärdselsmedel. Personer lemnade med honom staden, tagande med sig bref, depescher och framför allt brefdufvor, medelst hvilka man kunde sända underrättelser tillbaka till de belägrade. Så småningom kom en regelbunden balongtrafik till stånd, d. v. s. regelbunden i afseende på orten och tiden för uppstigandet; att gå i en bestämd riktning hade man dock, trots alla bemödanden, ej lärt sig. Den redan ofta nämde luftseglaren Godard var själen i dessa företag.



Fig. 130. Balong begagnad till rekognoscering.

Det hade bildat sig »ett bolag för lufttransport i Paris», som hvar tredje dag uppskickade en luftbalong. La defense nationale, Latakie, L'éclaireur, den sistnämde omtalad som »skrufbalong», en term, hvars betydelse är oss en hemlighet, voro namnen på några af dessa luftfartyg.

Men utom dessa stora balonger, som alltid åtföljdes af en luftseglare (ballons montés), uppskickade man äfven ofta små (ballons libres), som endast medförde post, i den förhoppning, att de efter nedfallandet skulle anträffas af någon, som åtoge sig att fortskaffa brefven. Ett hvarje sådan luftpost åtföljande regeringsdekret utlofvade åt en hvar, som på närmaste

mairie aflemnade en sådan balong med post, en belöning af 100 franc att der till honom utbetalas. Ett stort antal af dessa postbalonger blef äfven anträffadt och på föreskrifvet sätt aflemnadt, men många föllo äfven i tyskarnas händer. Då de konduktörer, som åtföljde de stora balongerna, i de allra flesta fall ej kunde komma tillbaka, skulle antalet af dem, som egde tillräcklig erfarenhet och skicklighet att åtaga sig ett sådant uppdrag, blifvit allt mindre, om ej en särskild läroanstalt för luftseglares utbildning blifvit inrättad. En kommission af berömda vetenskapsmän och tekniker hade öfverinseendet öfver denna skola, liksom öfver hufvud alla vetenskapens och industrins krafter ansträngdes för att fullkomna luftseglingen. Kan man också ej säga, att

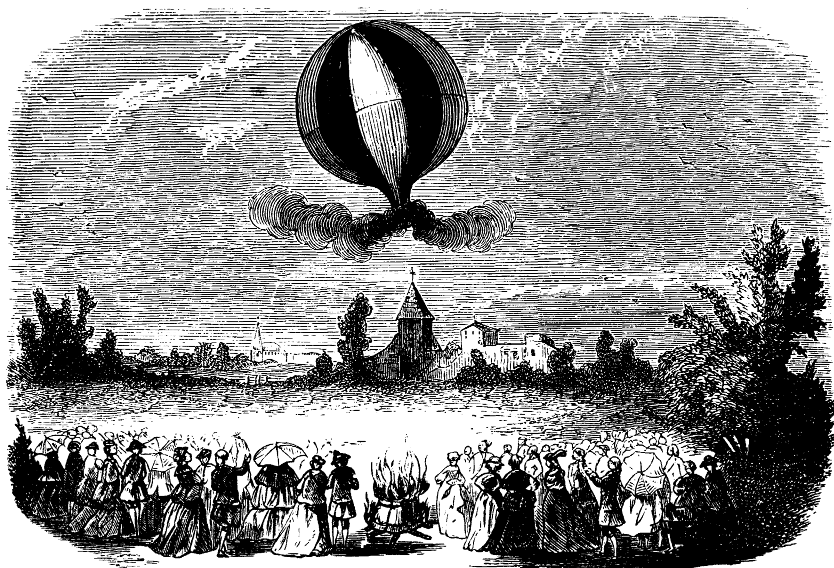


Fig. 131. Den första luftbalongen.

derigenom något verkligt framsteg gjordes, är det dock obestridligt, att uppfinningen äfven i denna sin bristfälliga form för de belägrade parisarna hade ett oskattbart värde. Hon var jemte brefdufvorna deras enda förbindelsemedel med Frankrike och den yttre verlden. Liksom under de förra krigen, begagnade man dessutom äfven i Paris den med linor fasthållna balongen (ballon captif) till rekognosceringar. Så hade man t. ex., då Trochu väntade undsättning af Loirearmén, inrättat en formlig aeronautisk observationskedja, som sträckte sig långt utom de tyska linierna och hvars särskilda stationer medelst elektriskt ljus telegraferade med hvarandra.

Men detta är också allt, hvad luftseglingen hittills mäktat åstadkomma.

Jemföra vi med uppfinningen af luftbalongen den samtidigt gjorda uppfinningen af ångmaskinen eller af den föga äldre spinnmaskinen, för att ej tala

om de nyare uppfinningarna af tryckmaskinen, den elektriska telegrafen och fotografin, jemföra vi det intresse och den vård, som den civiliserade verlden egnade den unga plantan och de frukter, hon sedermera deraf skördat, måste vi nästan med en känsla af förödmjukelse tillstå, att verlden ännu allt jemt jublande bär på sina händer det blott öfverraskande och sensationsväckande, medan det verkliga och äkta framsteget, tyst och endast af ett litet fåtal bemärkt, måste sjelft mödosamt bryta sig väg.



Luftpumpen och den atmosferiska brefposten.

Otto von Guericke. — Luftpumpen och dess inrättning. — De magdeburgska halfkulorna på riksdagen Regensburg. — Krauen. — Luftpumpen med två cylindrar. — Det skadliga rummet. — Under recipienten. — Kompressionspumpen och väderbössan. — Den atmosferiska jernbanan. — Hennes historia och inrättning. — Den pneumatiska bref- och paketbefordringen i London.

Sedan genom Evangelista Torricelli tron på naturens horror vacui blifvit i grund skakad och sedan man genom mångfaldiga företeelser kommit till den öfvertygelsen, att det högst betydliga atmosferiska trycket tynger på alla kroppar utan undantag, uppstod helt naturligt en önskan att utröna, huru kropparna skulle förhålla sig, om detta tryck minskades eller helt och hållet upphäfdes.

Ledamöterna af akademin i Firenze voro de första, som experimenterade i denna riktning. För att skaffa sig ett lufttomt rum hade man den tiden ännu intet annat medel än det torricelliska röret. Den öfre tillslutna ändan af detta rör gaf man formen af en ihålig kula, sammansatt af två hälfter, som passade noga ihop och sammanfogades, när kroppen, som skulle undersökas, blifvit inlagd. Alltsammans fyldes derpå med qvicksilfver, röret omvändes och nedsattes, som i fig. 95, med den öppna ändan i ett kärl med samma metall.

Otto von Guericke, kurbrandenburgskt råd och borgmästare i Magdeburg, sökte åstadkomma en bättre metod för detta slags undersökningar. Nära förtrogen med vetenskapens då varande ståndpunkt, då han i Leijden ifrigt studerat matematik och filosofi, riktade han sina forskningar hufvudsakligen på de meteorologiska och astronomiska företeelserna. Han var den förste, som uttalade åsigten om kometernas regelbundna återkomst, vi känna honom som uppfinnare af elektricitetsmaskinen och andra vigtiga apparater och metoder, och liksom han i allmänhet tog en liflig del i alla nya upptäckter, var han äfven den förste, som i Tyskland upprepade de torricelliska försöken. Född 1602 i Magdeburg, dog han 1686 i Hamburg, der han efter ett verksamt lif på gamla dagar bosatte sig hos sin son.

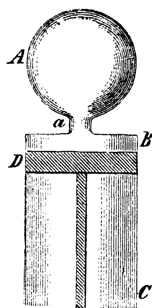
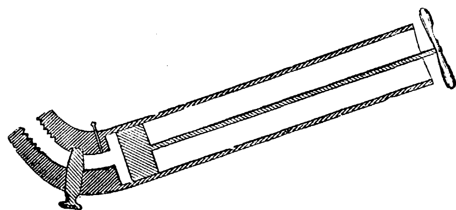


Fig. 133. Luftpumpens princip.

De talrika experiment, som Guericke anstälde och som i synnerhet stodo i samband med studiet af det lufttomma rummet, har han sjelf i ett särskildt arbete beskrifvit. Först tog han en mycket stor sugpump och lät anbringa den i bottnen på ett för öfrigt på alla sidor tillslutet vattenkärl af trä, så att det senares innehåll vid kolfvens nedgående inträdde i pumpen och ett lufttomt rum således måste uppstå i kärlet. Men han hade knapt börjat sätta apparaten i gång, förr än luften från alla sidor genom hundrade springor och porer och med ett buller, som om vattnet befunne sig i den starkaste kokning, inträngde i kärlet.

Sedan träet sålunda visat sig allt för poröst, begagnade Guericke vid sina försök metallkärl, som han gaf mindre dimensioner och formen af ihåliga kulor. Sugpumpen bibehöll han, men afstod deremot från vattnets medverkan. Han begagnade sig endast af luftens expansibilitet. Den princip, som ligger till grund för denna och alla senare luftpumpar, åskådliggöres af fig. 133. Om *BC* är en fullkomligt cylindrisk pumpstöfvel af metall, hvari kolfven *D* lufttätt kan röra sig, måste rummet ofvanför denna bli lufttomt, när kolfven går ned, så framt nämligen genom halsen *a* ingen luft kan från kärlet *A* inkomma i rummet ofvanför kolfven. Men finnes genom denna hals en öppen förbindelse mellan kolfven och det lufttäta kärlet *A*, går den i *A* befintliga luften i följd af sin expansibilitet öfver i pumpstöfveln. Den senare kan derför ej blifva lufttom; men den luft, som rummet ofvanför kolfven innehåller, måste blifva förtunnad och blifva det allt mera, i samma mån kolfven går längre ned, ty samma luftmängd, som förut endast fylde kärlet *A*, måste nu äfven fylla rummet i pumpstöfveln ofvanför kolfven. Kunde man nu på något sätt skaffa bort den luftmängd, som från *A* inkommit i pumpstöfveln, utan att hon ginge


Fig. 134. Otto von Guerickes första luftpump.

tillbaka in i kärlet, och sedermera allt jemt förnyade samma operation, skulle luften allt mer utdragas ur *A*. Helt och hållet lufttomt skulle dock kärlet aldrig kunna göras, en liten rest skulle alltid stanna qvar. Vore t. ex. stöfvelns och det kulformiga kärlets kubikinnehåll det samma, skulle förtunningen fortgå ifrån $^1/_2$ till $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{16}$, $^1/_{32}$ o. s. v. i oändlighet och på samma sätt under andra storleksförhållanden emellan dem.

För att kunna föra kolfven *D* till *B* utan att på samma gång pressa luften tillbaka in i kärlet uppfann Guericke den efter honom uppkallade genomborrade kranen, som i sin ursprungliga gestalt ännu i dag för otaliga ändamål användes. Han består, som bekant, af ett cylindriskt eller kägelformigt metall- eller trästycke, som noga passar i en lika stor öppning på röret och tvärs igenom hvilket är borradt ett hål; ställes nu detta hål i linie med röret, släpper kranen igenom den derutur flytande vätskan, vrides han deremot ett fjerdedels hvarf omkring, tillsluter han röret lufttätt.

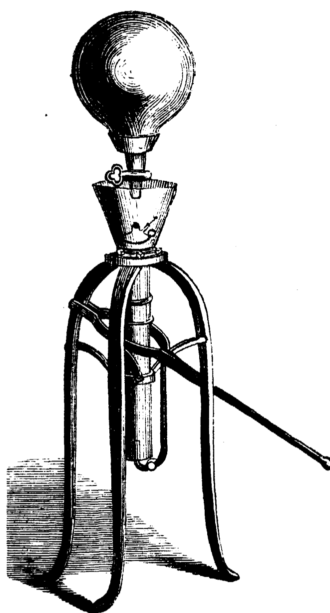


Fig. 135. Den första luftpumpen i förbättrad form.

Denna välbekanta apparat anbragte nu Guericke på luftpumpens hals *a* och tillslöt dermed den senare, hvar gång kolfven skulle föras tillbaka till *B*. Luftens bortskaffande ur pumpstöfveln åstadkom han på samma gång derigenom, att han på halsen bredvid kranen eller i täckskifvan *B* anbragte en liten öppning, som kunde lätt tillslutas med ett stift, när kolfven utsög klotet *A* och kranen vid *a* var öppnad, men, när *a* var tillsluten och kolfven åter skulle skjutas tillbaka, öppnades för att släppa ut den i pumpstöfveln varande luften.

Sådan var d e n ä l d s t a l u f t p u m p e n, hvarmed Guericke 1654 på riksdagen i Regensburg förevisade sina berömda försök. Han förvaras ännu på biblioteket i Berlin och består af en pumpstöfvel af messing (fig. 134), som i den ena ändan slutar med en skruf, hvarmed han fastskrufvas vid kärlet, som skall utpumpas. Inuti denna stöfvel föres en kolf upp och ned medelst en jernstång, som är försedd med ett handtag af trä. Hela maskinen är temligen bristfälligt och klumpigt arbetad, och man kan ej annat än förvånas öfver, att Guericke dermed kunde utföra så öfverraskande experiment.

Då med den inrättning, luftpumpen först hade, det motstånd, som det yttre lufttrycket utöfvar på kolfven, var så stort, att två personer knapt voro tillräckliga att öfvervinna det, gaf Guericke sjelf snart sin maskin den form, fig. 135 utvisar. Apparaten, som hvilar på en ställning af tre vid golfvet fastskrufvade ben, är försedd med en pumpstång, som rör sig upp och ned omkring en i det ena benet anbragt tapp. Vid denna pumpstång hänger en drag-

stång,¹ som i sin tur åter genom en i nedre ändan befintlig länk sammanhänger med kolfstången. Det kulformiga kärlet, den så kallade **recipienten**, som äfven här har sin plats ofvanpå stöfveln och kan afskrufvas, är med denna förenad med en hals, som noga passar in i stöfvelns öfre öppning; för att göra tillslutningen så mycket tätare är halsen här omgifven af ett med vatten fyldt kärl.

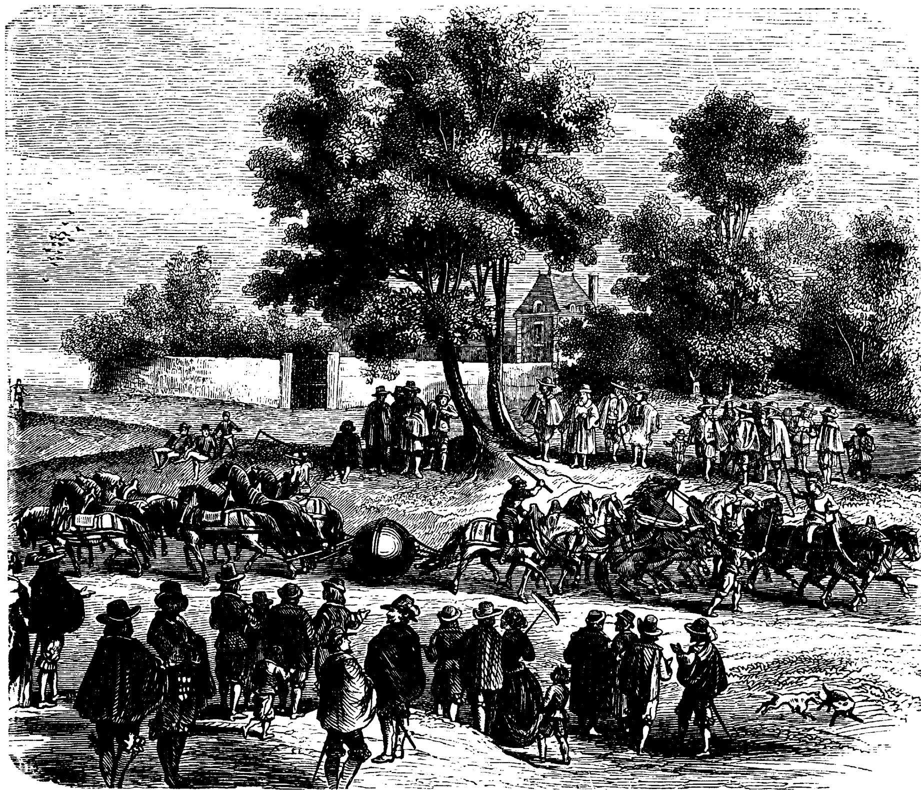


Fig. 136. Försök med de magdeburgska halfkulorna i Regensburg. Efter ett kopparstick af en samtida konstnär.

Guerickes experiment väckte hos hans samtida ett utomordentligt uppseende, i synnerhet sedan han på riksdagen i Regensburg offentligt utfört det inför kejsaren och de församlade riksfurstarna. Men framför allt tilldrogo sig de så kallade **magdeburgska halfkulorna** ett lifligt intresse. Ett kulformigt kärl, sådant som recipienten i fig. 135, var deladt i två hälfter, som noga passade uti hvarandra. I det vanliga tillståndet vilja två sådana halfkulor alls icke hålla ihop, men äro de väl och säkert satta ofvanpå hvarandra och luften bortpumpas ur kulans inre, verkar den yttre luftens tryck från alla sidor och pressar dem med så mycket större kraft emot hvarandra, ju större deras yta är och ju mera luften inuti kulan blifvit förtunnad.

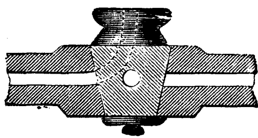
Guerickes halfkulor hade ungefär 20 tum i diameter och voro försedda med starka jernringar. Man föreställe sig åskådarnas förvåning, då de sågo att 8, 10, 12, ja, 20 hästar, som voro spända emot hvarandra på hvardera sidan om kulan, ej förmådde slita de som af en trollmakt sammanhållna halfkulorna ifrån hvarandra, ja, att 24 till 30 hästar behöfdes för att öfvervinna motståndet. De båda hälfterna skildes då åt med en knall, som om en kanon blifvit aflossad.

Matematikern Kaspar Schott beskref den guerickeska luftpumpen och de dermed anstälda försöken; derigenom blefvo de äfven kända af den engelske fysikern Robert Boyle, hvilken så ifrigt sysselsatte sig med experimentens förnyande och gjort så mycket för deras bekantgörande, att engelsmännen tillskrifvit honom hela äran af uppfinningen; de kallade det lufttomma rummet det boyleska tomrummet (vacuum boylianum). Andra fysiker omfattade äfven saken med lifligt intresse, och derigenom, att luftpumpen kom i händerna på många experimentatörer, undergick han mångfaldiga förändringar, hvarigenom han blef mera praktiskt användbar.

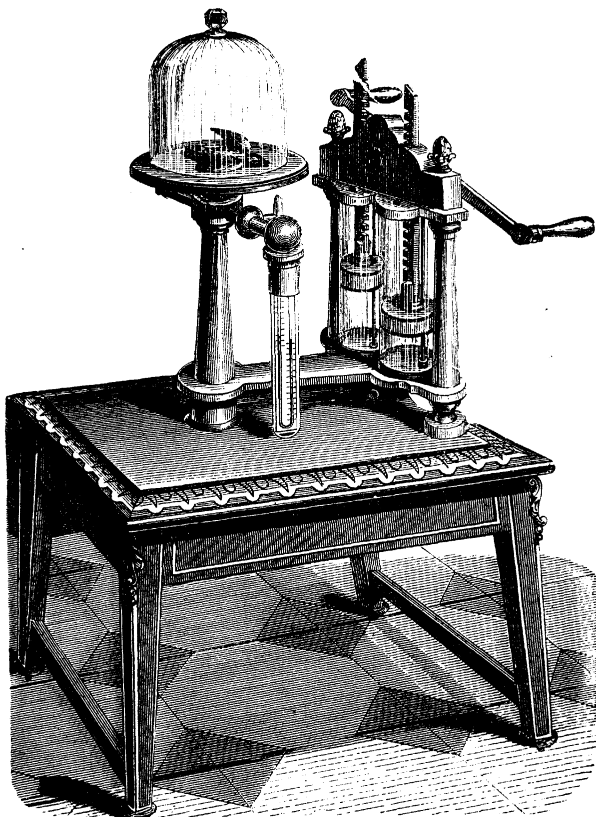
Dessa förändringar gälde dels kolfvens rörelseapparat, hvartill man efter hvart annat användt trampor, stigbyglar, dragstänger, kugghjul, vefvar och allt möjligt, och äro som sådana temligen ointressanta, men dels ingrepo de äfven i luftpumpens inre inrättning, och om de också ej ändrade något i den ursprungliga guerickeska principen, erhöll dock tillämpningen derigenom många nya och ändamålsenliga förbättringar. I synnerhet förtjenar här nämnas Senguerds dubbelt genomborrade kran, emedan derigenom stiftet, som tillsluter öppningen, hvarigenom luften utpressas, blir öfverflödigt. En sådan senguerdsk kran är afbildad i fig. 137. Utom den genomborrning, som redan den guerickeska kranen företer, har han dessutom en annan, vinkelrät emot den förra, som sätter rörets inre i förbindelse med den yttre luften. Genom denna kanal utpressas luften, sedan förbindelsen med recipienten blifvit afbruten. Vidare sökte man påskynda luftpumpens verkan och på samma gång göra kolfvens rörelse lättare. Hawksbee och Leupold förenade för detta ändamål två kolfvar på det sätt med hvarandra, att den ena stiger, medan den andra sänker sig. Då nu luftkanaler från båda stöflarna inmynna i recipienten, utsuges luft ur denna under vefvens hela kringvridning. Det betydliga tryck, som den yttre luften utöfvar, tvingas dervid att arbeta med, i det samma kraft, som hindrar den ena kolfvens rörelse, påskyndar den andras. Motståndets öfvervinnande blir derigenom väsentligt underlättadt. Man kan jemföra processen med en våg, som under den starkaste belastning rör sig lätt upp och ned, så snart blott båda skålarna ha att uppbära lika stor tyngd.

Fig. 138 ger en afbildning af en sådan dubbelt verkande luftpump. Vi se här de två bredvid hvarandra stående pumpstöflarna, som merendels äro gjorda af starkt glas, men ofta äfven af messing. De båda kolfstängerna äro försedda med kuggtänder, hvilka gripa in uti ett på den emellan dem gående axeln anbragt kugghjul, som af vefven sättes i rörelse. Från hvardera stöfvelns botten går en luftkanal i riktning mot recipienten. Strax framför

stöflarna förena sig dock båda luftvägarna till en enda, hvilken i horisontal riktning leder till pelaren, hvarpå glasklockan står. I denna pelare stiger han nu upp och utmynnar vid ett litet hål på platån eller den polerade messings-skifva, hvarpå recipienten är uppstäld. Platån infördes af Papin 1674. Denne berömde fysiker använde äfven först i stället för kranar klaffventiler, tunna plåtar, som endast kunna röra sig åt ett håll och i denna riktning släppa ut den sammanpressade luften, men deremot sluta sig lufttätt intill öppningen, när vid kolfvens tillbakagående trycket från den andra sidan blir större.


Fig. 137. Senguerds dubbelt genomborrade kran.

Två engelska konstnärer, Sweaton och Cuthbertson, ha äfven gjort sig förtjenta om luftpumpens fullkomnande, och särskildt har den senare genom kolfvens egendomliga inrättning åstadkommit utmärkta saker. För att utröna den grad af förtunning, luften uppnått, uppfann Cuthbertson barometerprofvaren, en liten barometer, hvars slutna ben endast är några tum högt och der qvicksilfret först sjunker, sedan luftens förtunning uppnått en mycket hög grad.


Fig. 138. Luftpump med två cylindrar.

Utom det redan nämda förhållandet, att recipienten ej genom luftmassans fortsatta delning kan helt och hållet uttömmas, möttes äfven fysikernas bemödanden af ett annat hinder i det s. k. skadliga rummet. Föres nämligen kolfven än aldrig så långt ned, bildar sig dock alltid mellan hans ventiler och recipientens spärrinrättning ett mellanrum, der vid luftens bortgång en återstod stannar qvar, som måste ega den yttre atmosferens spänstighet och, när förbindelsen mellan recipienten och stöfveln genom kranens öppnande återställes, strömmar tillbaka in i den förra. För sin verkan har detta mellanrum erhållit namnet det skadliga rummet. Stor-

leken af denna rest bestämmer den yttersta grad af förtunning, som öfver hufvud står att uppnå. Då han nu i luftpumpar med klaffventiler är temligen betydlig, har man äfven snart allmänt öfvergifvit detta spärrmedel, i det man dels anbragt andra slags ventiler, dels återgått till de gamla kranarna, som erhållit många olika förändringar.

Vi förbigå dock dessa efter hand gjorda förbättringar och vilja nu i stället taga i betraktande det inre af en luftpump med ventilinrättning och två cylindrar, såsom han nu mera förekommer. Efter det förut sagda äro figurerna 139 och 140 lätt begripliga. *AB* är pumpstöfveln, *K* kolfven, *CD* platån, hvarigenom luftkanalen, som vid *c* inmynnar i stöfveln, vid *b* lemnar recipienten. Under *c* befinner sig på en smal jernstång en liten konisk ventil, bottenventilen. Jernstången, hvarpå han sitter, går lufttätt genom kolfven och har vid *a* ett fast koniskt hak, som ej tillåter honom att mer än helt obetydligt höja sig öfver öppningen *c*. Kranen *E* sätter allt efter behof recipienten i förbindelse med stöfveln eller den yttre luften, men kan äfven afspärra honom från båda; *d* är profvaren. När kolfven uppstiger, följer stången med ett litet stycke, den lilla kägelformiga ventilen i hans ända lemnar rörets öppning, och luften från recipienten inströmmar i stöfveln; går deremot kolfven ned, inskjuter sig käglan åter i öppningen och tillsluter henne lufttätt. Hon ligger med sin öfre yta alldeles i jemnhöjd med stöfvelns botten, så att vid kolfvens lägsta stånd intet mellanrum uppstår och all luft genom den i kolfkannan befintliga ventilen pressas upp i stöfvelns öfre del. Huru denna ventil är inrättad, visar fig. 140, hvaraf äfven framgår, att det skadliga rummet inskränker sig till det lilla, under ventilen befintliga röret, som till och med vid kolfvens djupaste läge förblir fyldt med luft. Stöhrer i Leipzig och Staudinger i Giessen ha dock ännu ytterligare förminskat dess inflytande derigenom, att de vid kolfvens nedgående afspärrat stöfvelns öfre del från den yttre luften. De erhöllo derigenom ett luftförtunnadt rum, som väsentligt underlättar ventilens öppnande i kolfven och dessutom gör, att den luft, som fyller det skadliga rummet, ej har atmosferens spänstighet, utan är betydligt förtunnad. Man har äfven uppfunnit luftpumpar utan ventiler, och en synnerligt skarpsinnig inrättning har Buchanan

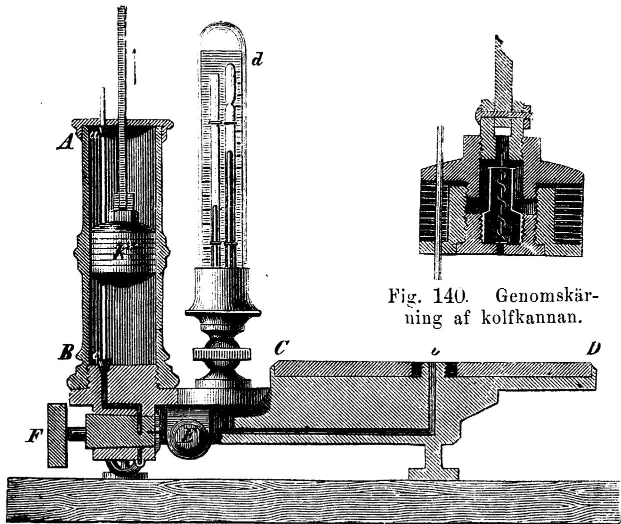


Fig. 140. Genomskärning af kolfkannan.

Fig. 139. Luftpumpen i genomskärning.

föreslagit. Fig. 141 ger en afbildning af de båda stöflarna och den kugghjulsmekanism, hvarmedelst kolfvarna röra sig upp och ned deruti. *P* och *P* äro pumpstöflarna, γ och γ' de från recipienten ledande luftkanalerna, hvilka' öppnas och tillslutas af de på stängerna *b* och *b'* sittande bottenventilerna *z'* och *z'*; *R* är den dubbelt genomborrade kran, medelst hvilken recipienten kan afspärras och den atmosferiska luften insläppas.

Hydrauliska luftpumpar äro de gamla inrättningar, som frambringa ett torricelliskt tomrum. På dem har recipienten sin plats antingen ofvanpå ett qvicksilfversrör af minst 25 tums längd, eller är han satt i förbindelse med ett 34 fot långt vattenrör. Deras sätt att operera är dock så ofullkomligt, att man nu mera alltid begagnar sig af de här ofvan beskrifna pumparna med kranar eller ventiler. Som en af de äldsta luftpumpar af detta slag kan man anse den enkla luftvexlingsapparat, som sedan gammalt begagnas i grufvorna i Harz. Apparaten utgöres af en fast stående tunna, genom hvars botten ett bredt trärör går ned till den del af grufvan, som skall befrias från skadliga luftarter. Röret går upp genom tunnan så högt, att det sticker upp öfver ytan af det vatten, hvarmed tunnan är fyld, samt har vid sin öfre mynning en eller två ventiler, som öppna sig utåt. Inuti denna fasta tunna är anbragt en annan rörlig, upp- och nedvänd, således nedåt öppen tunna, hvars öfre botten har en klaffventil, hvilken likaledes öppnar sig utåt. Medelst en mekanism, snarlik pumpstångens, föres den inre tunnan upp och ned. Denna rörelse har ej blott till följd, att ofvanpå vattnet bildar sig ett rum med förtunnad luft, hvari luften från grufvan intränger, utan äfven att vid tunnans nedgående och rörventilens i följd deraf skeende tillslutning luften förtätas, uppskjuter ventilen i tunnans öfre botten och strömmar ut.

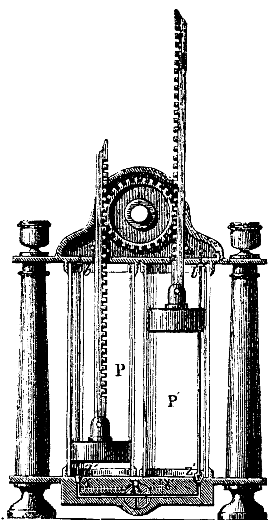


Fig. 141. Den dubbelverkande luftpumpen, sedd framifrån.

Försök med luftpumpen. Vi ha redan i kapitlet om luftbalongen haft tillfälle att se, huru den med gas fylda balongen, när han kommer upp i de högre, förtunnade luftregionerna, sväller upp, ja, till och med kan spricka, om gasen ej får någon öppning att strömma ut igenom. Samma iakttagelser kunna vi äfven göra under recipienten. Lägga vi nämligen derunder en till hälften med luft fyld, men fast tillknuten blåsa, kommer denna, när luften utpumpas ur recipienten, i en märkvärdig rörelse. Så snart genom förtunningen den yttre luftens tryck aftager, följer luften i blåsan sitt sträfvande att utvidga sig: blåsan spänner ut sig allt stramare och spricker slutligen, när hinnan ej längre förmår uthärda den inre spänningen. En klase torra russin får af samma orsak under recipienten utseende af en klase saftiga och svällande vindrufvor;

men låter man luften åter inströmma, krympa de på ögonblicket åter ihop. En med vatten halffyld och hårdt korkad butelj, genom hvars kork ett tunt rör går ned under vattenspegeln, förvandlas under klockan till en springbrunn, då luften i buteljen vidgar ut sig, derigenom trycker på vattenspegeln och pressar upp vätskan i röret.

Sträfvandet att utvidga sig och öfvergå i ångform har en stor mängd vätskor, om också i långt mindre grad än gaserna. Den atmosferiska luftens tryck hindrar dem dock vanligen att hastigt förflygtigas. De koka först, när deras ursprungliga sträfvande att utvidga sig genom uppvärmningen förstärkes. På höga berg, der lufttrycket är mindre, kokar derför vattnet vid mycket lägre värmegrader, och man kan begagna kokpunktens temperatur till mätare af lufttrycket och på samma gång af höjden öfver hafsytan. I Quito kan man ej på vanligt sätt tillaga potatis: vattnet kokar, innan det blir tillräckligt varmt. Under luftpumpens klocka börja derför äfven många vätskor koka, om de blott äro mycket litet uppvärmda; ja, särdeles flygtiga vätskor såsom alkohol och svafveleter, behöfva alls ingen föregående uppvärmning för att komma i den starkaste kokning; naturligtvis måste man genom oupphörlig pumpning aflägsna de ångor, som härvid utveckla sig. I praktiken gör man af denna företeelse en högst vigtig användning. Den af hvitbetssaften framstälda sockerlösningen skämmes mycket lätt. Man måste derför hastigt bringa henne i ångform för att afskilja det fasta sockret. Men då en uppvärmning till öfver 100 grader, den punkt, der denna lösning först kommer i kokning, så till vida är menlig för sockertillverkningens afkastning, som vid en sådan temperatur en stor myckenhet kristalliserbart socker förvandlas till den mindre värdefulla sirapen, sänker man med tillhjelp af stora luftpumpar kokpunkten, i det man ur de tillslutna kärl, i hvilka sockersaften skall afdunsta, utan afbrott hastigt bortskaffar ångorna.

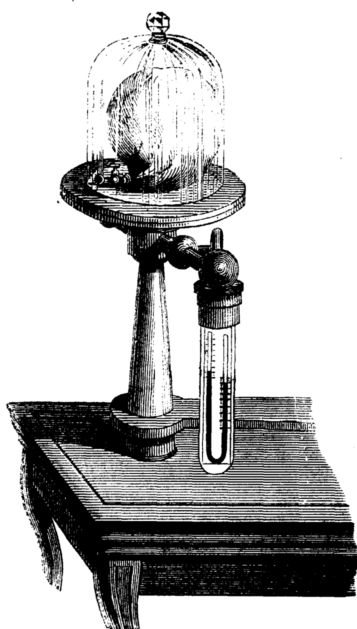


Fig. 142. Under recipienten.

Bristen på luft under recipienten dödar snart djur, som införas under den samma. Fiskar dö till och med, om de befinna sig i vatten, emedan det beröfvas det deri upplösta och för dess invånares lif nödvändiga syret. Alla gasarter, som äro upplösta i vätskor eller genom tryck inpressade deruti, gå bort som blåsor; öl och kolsyrehaltiga drycker bornera starkt. Ljuslågan mattas af och slocknar, ty hon kan ej längre ur den förtunnade luften upptaga så mycket syre som ur den atmosferiska.

»Luften», säger Humboldt, »är ljudets bärare, således äfven en bärare af språket, ideerna och gemenskapen mellan folken. Vore jordklotet, liksom vår måne, i saknad af atmosfer, måste vi tänka oss det som en ljudlös ödemark.» Ett urs slagverk blir under en luftpumps klocka allt svagare, allt efter som man utsuger luften. Tonen förstummas slutligen helt och hållet och lefver först då upp igen, när ny luft insläppes.

En papperslapp faller i luften långsammare till marken än en sten, men i det lufttomma rummet komma båda lika fort ned, ty motståndet, som hastigare förtär det lätta papperets lefvande kraft än stenens långt betydligare, finnes här ej mer, och tyngden, som ger alla kroppar på jorden samma fallhastighet, får här ostörd utöfva sin verkan.

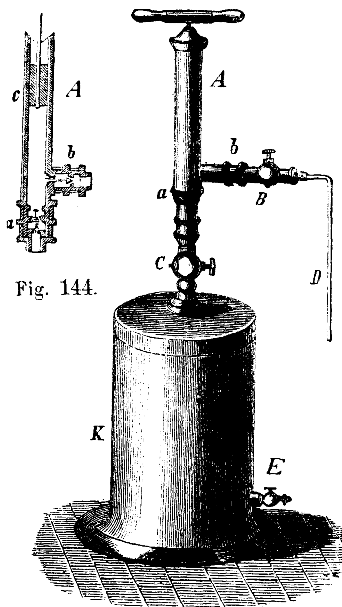


Fig. 144.

Fig. 143. Kompressionspump.

Sätter man på platån öfver rörets öppning i stället för klockan en öppen cylinder, öfver hvilken man upptill binder en blåsa, blir denna, när luften utpumpas, allt mera drifven inåt, tills hon slutligen, när hon ej längre förmår uthärda den yttre luftens tryck, under en häftig knall spricker. En trätallrik, som sättes på cylindern, springer visserligen ej sönder, men luften tränger igenom träets fina porer och rycker äfven med sig vätskor, som man hält på tallriken. Qvicksilfver bildar på detta sätt ett fint regn af ytterst små droppar. Borttager man tallriken och i dess ställe hänger ett sållartadt kärl ned i cylindern samt packar det fullt med ämnen, som innehålla lösliga beståndsdelar, kan man medelst lufttrycket fullständigt utdraga dem; man behöfver blott hälla vatten eller sprit deröfver och sätta luftpumpen i verksamhet. Denna företeelse användes på mångahanda sätt på apoteken och fabrikerna.

Slutligen böra vi äfven erinra, att man under luftpumpens recipient kan omedelbart väga luften, d. v. s. med tillhjelp af en vanlig våg och vanliga vigter bestämma hennes tyngd. Tar man nämligen en ihålig, med luft fyld och väl tillsluten glaskula, upphänger henne i ena ändan af en mycket känslig vågbalk, hvars i andra ändan befintliga skål uppbär så mycken vigt, att balken står fullkomligt vågrätt, och så bringar alltsammans under luftpumpen, skall, sedan luften blifvit bortpumpad, så att kulan ej längre simmar i lufthafvet, den arm, hvari hon hänger, sänka sig. Och omvändt skall, om man pumpar samma glaskula lufttom och derpå väger henne, hennes vigt vara mindre, än om man öppnar kranen och nu väger henne tillika med den inströmmade luften. En kubikfot luft väger något mer än 6 ort; för att rymma en centner luft behöfde en kula således ha föga mer än 16 fots diameter.

Kompressionspumpen. Till åstadkommande af luftförtätningar, som för många både vetenskapliga och tekniska ändamål äro önskvärda, låta nästan alla kranluftpumpar använda sig. Allt, som erfordras, är en motsatt vridning på spärrinrättningen vid hvarje slag af kolfven. Huru de äro inrättade, kan man se af fig. 143 och 144. I en pumpstöfvel *A* af liten diameter rör sig en kolf *c* (fig. 144) lufttätt upp och ned. *B* och *C* äro kranar till den yttre luftens afspärrande och hållas under kompressionens fortgång öppna. Vid *a* och *b* äro två ventiler, af hvilka den vid *a* sluter sig, den vid *b* deremot öppnar sig, när kolfven går upp. Under denna tid tränger alltså luften genom röret *D* utifrån in i stöfveln. Går kolfven ned, trycker han ventilen *b* in i öppningen och tillsluter sålunda det utåt ledande röret, men trycker på samma gång genom ventilen *a* den förut insugna luften in i rummet *K*, der hon pressas tillsammans med den der förut befintliga och hvarifrån hon medelst rör vid *E* kan ledas vidare. En något olika anordning af ventilen visar fig. 145. Vid kolfvens uppgående öppnar sig ventilen *Z* och lemnar den yttre luften genom *T* inträde i' stöfveln; vid nedgåendet sluter sig *Z*, deremot öppnar sig *Z*, och luften pressas genom *T'* in i förtätningsrummet.

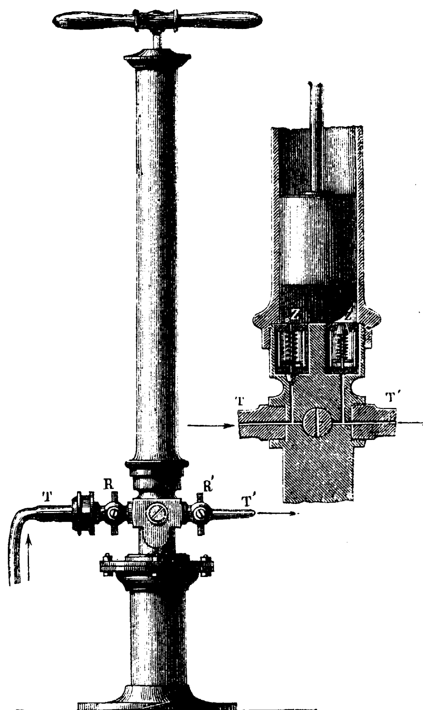


Fig. 145. Kompressionspump; genomskärning af stöfveln.

Kompressionspumpen har fått en mycket vigtig praktisk användning vid tillverkningen af artificiela kolsyrehaltiga vatten, men en ännu mera storartad har han erhållit vid den nu mera lyckligt fulländade genomborrningen af Mont Cenis, der den sammanpressade luften begagnats till kraftkälla för drifvande af borrmaskinerna. De stora kompressionspumparna stodo utanför tunneln och sattes här i gång, men den komprimerade luften leddes i starka jernrör till det ställe, der borrmaskinerna voro uppstälda. Härigenom vans den stora fördelen, att man med lätthet kunde åstadkomma tillräcklig kraft att utborra spränghålen, hvilket med tillhjelp af ångmaskiner eller andra drifkrafter på långt när ej skulle gått lika lätt för sig. Men ej nog härmed; sedan den komprimerade luften tjenstgjort som drifkraft och efter förrättadt arbete ur maskinen utströmmade i tunneln, gaf hon äfven arbetarna nytt andningsmaterial och ersatte den dåliga luften med frisk luft, hvari lungor och lampor kunde underhålla sin verksamhet. Den komprimerade luften gjorde sålunda dubbelt arbete, och det kan ej betviflas, att utan denna sinnrika användning af den samma jätteverket

icke blott icke skulle på så kort tid kunnat genomföras, utan sannolikt ej alls kunnat bringas till stånd.

Alldeles på samma sätt som kompressionspumparna äro väderbössorna inrättade, endast med den skilnaden, att de särskilda delarna hafva en något olika form, som gör dem för deras ändamål lättare att handtera. De skola omkring 1430 blifvit uppfunna af en nürnbergare vid namn Gester, men hvarken tid eller uppfinnare är med visshet känd. Det nämda årtalet är dock sannolikt för tidigt. Väl skall, enligt Muschenbroek, i en hr von Schmettaus vapensamling finnas en väderbössa af ofullkomligare slag med årtalet 1474, men i strid dermed påstå nürnbergarna, att apparaten först omkring 1560 blifvit uppfunnen af en Hans Lobsinger. Dermed vore nu alla föregående pretendenters anspråk på prioritet afskurna, och lika litet torde äfven Otto von Guericke få anses som väderbössans uppfinnare. Ty i berättelsen derom heter det: »Den utpumpade glaskulan skrufvas fast vid bösspipan, då den i det lufttomma rummet inrusande luften med våld drifver ut kulan, som ligger i pipan.» Att döma häraf, synes Guerickes ide sålunda varit raka motsatsen till den, som ligger till grund för den vanliga väderbössan. En viss Mathei i Torino skall ha konstruerat en väderbössa, som laddades dermed, att man afbrände två uns krut i den ihåliga kulan. De härvid utvecklade gaserna hade en spänstighet, som räckte till för 18 skott på 60 stegs afstånd och för ett stort antal med mindre skotthåll.

Våra vanliga väderbössor äro kompressionspumpar. Den komprimerade luften befinner sig antingen i en ihålig kopparkula, dit hon inpressas af en kolf, eller tjenar den urhålkade stocken direkt till recipient. Trycket öppnar då en ventil, hvarigenom luften rusar in i pipan bakom projektilen och drifver ut honom.

Lufttrycket drifver saften i växternas celler uppåt, och om det också ej ensamt ombesörjer safternas uppstigande från rötterna ända upp i de högsta topparna af flera hundra fot höga trädstammar, är dock dess medverkan af mycket stor betydelse. Det är också lufttrycket, som gör, att menniskornas och djurens extremiteter sitta fast i sina ledhålor, så att dessa långa lemmar med den minsta möjliga användning af kraft kunna uppbäras. Ja, alla den lefvande organismens förrättningar äro af dess medverkan så beroende, att vår verld skulle vara en helt annan, om denna vigtiga faktor plötsligt försvunne. Bland de mångfaldiga användningar, som det industriela lifvet gjort af dess verkningar, vilja vi särskildt omnämna två, den atmosferiska jernvägen och den pneumatiska paketbefordringen.

Den atmosferiska jernvägen. Tanken att medelst lufttrycket transportera gods och passagerare är ej ny. Redan för två hundra år sedan fäste Papin uppmärksamheten derpå, då han föreslog att låta komprimerad luft bakifrån verka på vagnarna, alltså blåsa fram dem genom ett derför särskildt inrättadt tunnelrör, alldeles som kulan ur ett blåsrör. Iden upptogs tid efter annan, men det förspörjes ej, att anstalter någonstädes vidtogos för att

sätta honom i verket. Samfärdselsförhållandena hade ännu ej fått denna utsträckning, som gör, att inga offer anses för stora för pröfvandet äfven af de äfventyrligaste förslag. Att vilja eftersträfva större hastighet i fortkomst, än dragdjuren mäkta åstadkomma, ansågs den tiden för narraktigt, ja, förmätet.

Först för vid pass femtio år sedan upptogs saken på nytt och med allvar af en viss Medhurst. Han lemnade en redogörelse för planen med titeln: »En ny metod att medelst luften befordra bref och varor». Ja, han hade till och med utarbetat en detaljerad plan till en atmosferisk jernväg för befordrande af passagerare; dock för sådana ideer var tiden ännu ej mogen. Men sedan farhågorna för jernvägen och hans förmenta olyckliga följder genom den hastiga uppblomstring, som det nya samfärdselsmedlet framkallade, lagt sig, efterträddes den förra klenmodigheten af en lika gränslös jernvägsentusiasm, som i synnerhet grasserade på tretio- och fyrtiotalen. Nu syntes ingenting mera outförbart. Om någon velat draga en jernväg uppför Montblanc, skulle han funnit personer villiga att teckna sig för aktier.

Nu var äfven rätta tiden kommen att sätta förslaget om en atmosferisk jernbana i verket. Medhurst hade i allt hufvudsakligt funnit de närmaste medlen för en sådan plans utförande. En vagn skulle fästas vid en vertikal stång, i hvars andra ända var anbragt en kolf, som rörde sig lufttätt i ett horisontalt liggande rör. Rörets längdspricka, der stången gick igenom dess vägg, var försedd med en spärrinrättning, hvars uttänkande vållade teknikerna mycket hufvudbry, emedan hon ej finge lägga några stora hinder i vägen för stångens vandring, men likväl skulle fullständigt afspärra rörets inre från den yttre luften. Alla inom denna uppfinning gjorda framsteg röra sig nästan uteslutande omkring denna spärrinrättning. De öfriga beståndsdelarna deremot voro både till princip och utförande enkla och förblefvo temligen oförändrade.

I de första förslagen hade man ännu utgått från användningen af komprimerad luft och derför ansett mycket stora rör nödvändiga; inuti dessa rör skulle godsvagnar medelst kolfven befordras på en der varande jernväg, medan passagerarna i anseende till det starka lufttrycket inuti röret skulle färdas i vagnar, som rörde sig i fria luften. Denna plan omkastades nu af Vallance. Han ville till fortskaffande af kolfven och den dervid fästa lasten endast begagna den atmosferiska luftens tryck och för detta ändamål medelst utpumpning framför kolfven åstadkomma ett rum med förtunnad luft. Kolfven skulle framsugas som vattnet i ett halmstrå. Försök anstäldes i Brighton, och det var fråga om att verkligen bygga en jernväg af detta slag. Vagnarna skulle röra sig i en tunnel af gjutsten eller bränd lera, men folk skrattade, såsom det i berättelsen heter, åt det osannolika deruti, att en äkta britt någonsin skulle samtycka att låta skjuta sig som en kula genom en väderbössa.

Efter Vallance kom en amerikan vid namn Pinkus med ett pneumatic railwaypatent. Det föreslagna röret hade 3,37 fot i diameter och var upptill försedt med en omkring halfannan tum bred springa, hvarigenom, alldeles som efter Medhursts ide, den vid kolfven fästa vertikala jernstången rörde

sig. Springans tillslutning efter den vandrande jernstången ombesörjdes här af en mjuk, med jernbeslag nedhållen klaff, som låg öfver springan på två upphöjda ränder. Men äfven denna uppfinning, som på ett jernvägsstycke verkligen tillämpades, visade sig opraktisk. Det oaktadt uppgaf man ej försöken, och år 1840 voro hrr Clegg och Samuda så lyckliga att på West-Londonjernvägen få inrätta en bansträcka af en tredjedels mil efter sitt system. Men detta skilde sig från de äldre endast deruti, att det fortare än något annat hjelpte folk af med deras penningar. Ty sedan försöken på West-Londonbanan blifvit gjorda och man trodde sig ha uppnått en hastighet af nio mil i timmen, inrättades »atmosferiska jernbanor» på flera linier, men endast för att strax derefter å nyo nedläggas.

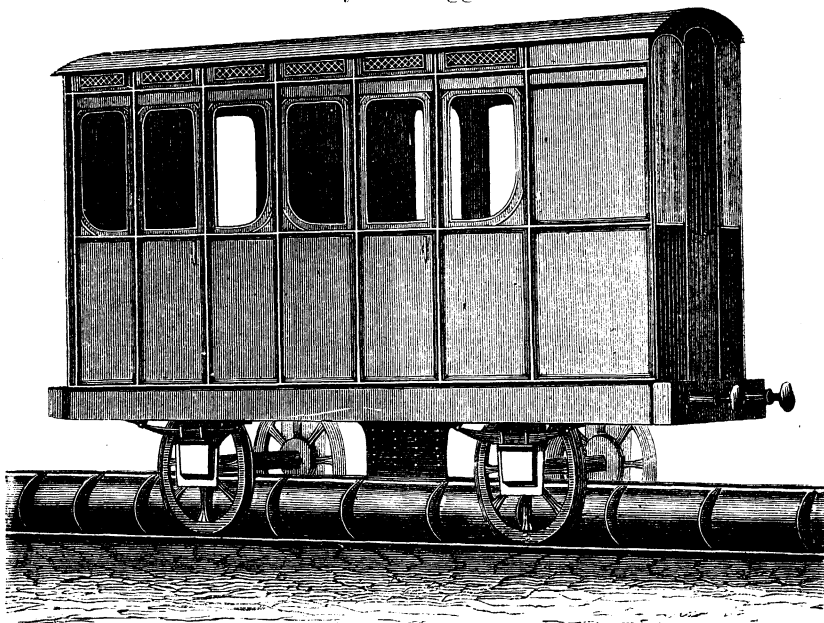


Fig. 146. Passagerarvagn på den atmosferiska jernvägen till S:t Germain.

Emellertid hade äfven i Frankrike uppmärksamheten blifvit fäst på det nya transportmedlet, och i den första entusiasmen, som den lyckade utgången af Cleggs och Samudas försök framkallat, hade man här beslutit på försök anlägga en atmosferisk jernbana mellan Nanterre och S:t Germain. Men i stället för en sträcka af tre fjerdedels mil, såsom man först ämnat, utfördes endast en väglängd af ej fullt en fjerdingsväg från bron vid Montesson till S:t Germains platå. Den atmosferiska jernvägen utgjorde en fortsättning af den vanliga jernvägen, som från Paris till Montesson befors med lokomotiv. Öfvergången från det ena till det andra systemet var nästan omärklig. Det atmosferiska trycket hade att draga vagnarna uppför en temligen stor höjd; nivåskilnaden mellan begynnelse- och ändpunkterna utgjorde nämligen inemot 170 fot, så att återfärden från S:t Germain kunde ske utan dragkraft endast genom vag-

narnas egen tyngd. Fig. 146 visar oss en passagerarvagn af det slag, som begagnades på denna atmosferiska bana, men blott en mycket kort tid, ty 1859 blef trafiken derpå åter instäld, maskinerna söndertagna och rören kastade bland gammalt jernskräp: hela saken hade visat sig vara en klen affär.

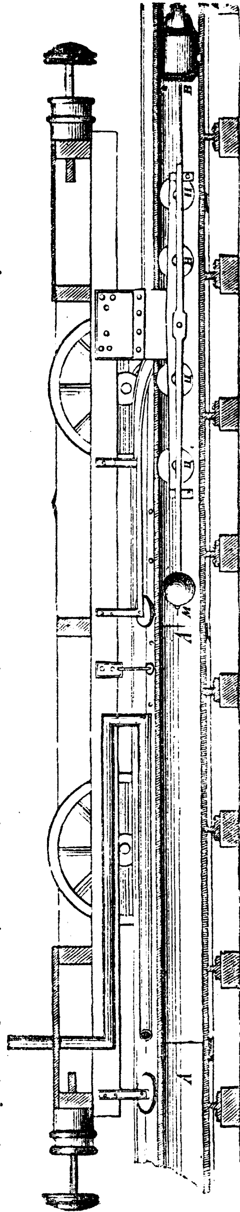


Fig. 147. Den atmosferiska jernvägen: längdgenomskärning.

Oaktadt dessa atmosferiska jernbanor nu mera väl höra till de öfvervunna ståndpunkternas antal, fordrar dock intresset för den historiska utvecklingen, att vi fästa uppmärksamheten på några egendomligheter i deras inrättning. Vi lägga härvid fig. 147 till grund för vår beskrifning. Röret *A*, hvari kolfven *B* rör sig, har, hvilket antages vara gynsammast, en diameter af ungefär halfannan fot. Vår afbildning visar det till en del genomskuret för att låta se den inre inrättningen, hvilken hufvudsakligen består af trissorna *HH*, motvigten *M* och den emellan trissorna uppskjutande jernplåten, hvarvid vagnarna äro fästa. Medelst motvigten *M* hålles kolfven *B* oupphörligt i ett horisontalt läge; trissorna *HH* hafva olika diametrar och lyfta, innan jernplåten passerar fram, springans klaffventiler så högt i vädret, att plåten kan komma obehindradt fram; så snart han passerat, tillsluta sig klaffarna genast efter honom. För att göra tillslutningen fullständig insmörjas genom en särskild inrättning ventilerna med ett fettlager, som smältes af en upphettad jernbygel. I fig. 148 och 149 verkställes denna tillslutning genom en särskild mekanism. Jernklaffarna *R*, som, medan jernplåten *C* passerar, hållas öppna, slå derefter igen och skydda denna vigtiga del af apparaten. Fig. 150 visar röret med vagnshjulen i samma skala som i fig. 147, men i tvärgenomskärning.

Den pneumatiska bref- och paketbefordringen lofvade från första stunden en vida bättre framtid. Strax bredvid Eustonstationen i London står en envåningsbygnad med en hög skorsten. Lika oansenligt det yttre af detta hus är, lika intressant och märkvärdigt är dess inre. Låtom oss gå in. Vi stiga utför några trappsteg och stå framför ett stort rör af gjutjern med hvälfdt tak och platt botten. »Det är ena ändan af luftposten», säger vår ledsagare. I samma ögonblick ger en elektrisk telegraf en signal, ett par på väggen hängande manometrar komma i rörelse och ge till känna, att lufttrycket inuti rörtunneln undergår en våldsam förändring. Strax derpå en ytterligare signal: en lucka springer upp, och ur röret skjuter fram en liten vagn, snar-

lik en vagga, som på ett i golfvet anbragt spår rullar vidare, tills han slutligen stannar i en fördjupning i väggen midt emot öppningen till röret. Han befrias nu hastigt från sitt innehåll samt får en ny laddning med paket och påsar, som legat och väntat honom. Signalpipan höres: vagnen skjutes åter in i röret, luckan slås igen, ett doft rullande höres, och i nästa ögonblick säger oss vår ledsagare med en blick på manometern: »Nu äro brefven framme vid Eversholt street». Vid Eversholt street ligger postkontoret, på ungefär 2000 fots afstånd från den punkt, der vi nu befinna oss. Denna lilla resa, hvartill en fotgängare skulle behöfva tio minuter, gör vagnen på några sekunder. Vid förefallande behof fastkopplas vid honom två eller tre andra vagnar, utan att farten deraf lider.

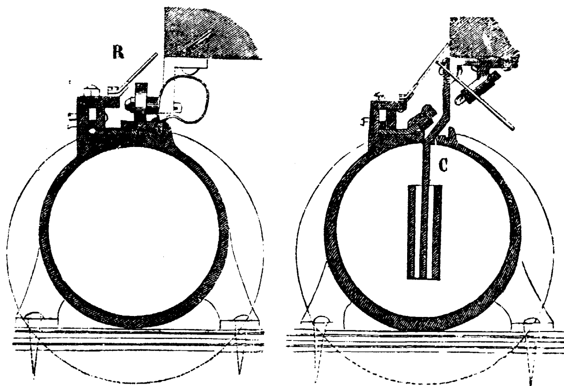
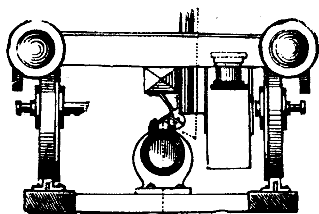


Fig. 148, 149. Rörets tvärgenomskärning.

Vi få nu tid att se oss litet närmare omkring i rummet. Tunnelröret (se fig. 151) är nära tre och en half fot högt, men ej fullt så bredt och har i tvärgenomskärning utseende af en bikupa. På dess platta botten äro skenorna anbragta. Vagnarna förete i tvärgenomskärning alldeles samma form som röret, endast med den skilnaden, att de äro några linier mindre och följaktligen ej sluta alldeles intill det.

Utanför bygningen löper röret under gator och hus utan afseende på stigningar eller lutningar, som på ett ställe uppgå till 1 : 80. Den andra ändstationen, i posten, är inrättad på alldeles samma sätt som stationen vid Euston square, endast med den skilnaden, att maskineriet är uppstäldt inom den senare.


Fig. 150. Tvärgenomskärning af röret och vagnsunderredet.

Man säger oss, att vagnarna få sin fart dels af den atmosferiska luftens tryck på ett rum med förtunnad luft, dels af komprimerad luft, och vi se oss derför om efter luftpumpen och kompressionspumpen, som vi föreställa oss måste ha ofantliga dimensioner. Men någon luftpump af det slag, vi hittills lärt känna, kunna vi ej upptäcka.

Vi se blott en stor trissa af mer än 20 fots diameter, gjord af jernbleck och bestående af två tunna konkava skifvor, som vända sina ihåliga sidor emot hvarandra (fig. 152) och ytterst i kanten skilja sig något öfver en tum från hvarandra. Detta är luftpumpen, »the pneumatic ejector». Då engelska tjenstemän aldrig tillåta sig ett skämt, tro vi vår ledsagare på hans ord, anhålla

endast om en litet närmare förklaring. Denna gifves oss mycket beredvilligt, och vi erfara, att axeln till denna ejektor är ihålig och står i förbindelse så väl

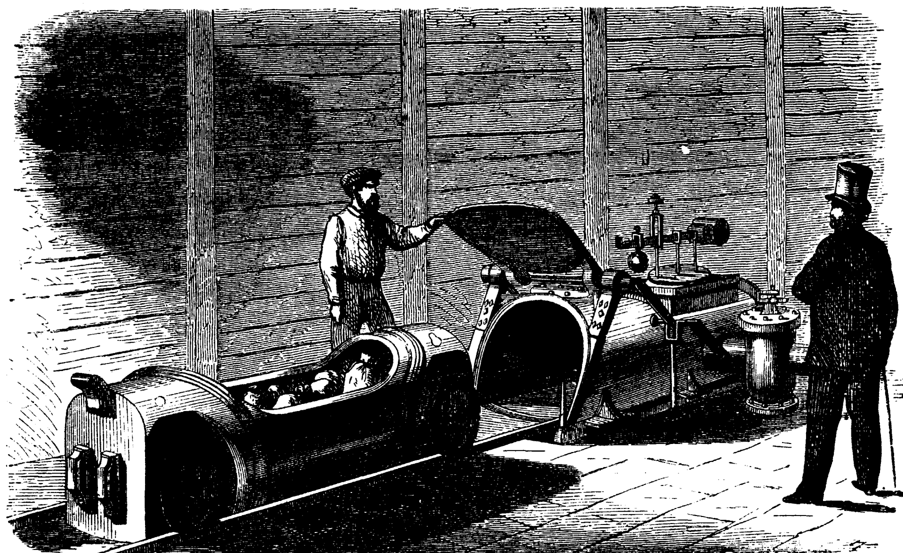


Fig. 151. Den pneumatiska bref- och paketposten i London.

med det inre af tunnelröret som genom en annan kran med den yttre luften. Sättes axeln i hastigare omlopp, slungar det trissformiga hjulet i följd af centrifugalkraften den emellan bleckskifvorna befintliga luften utåt mot periferin och förtunnar på detta sätt luften i tunnelröret. I trissans periferi är nu ett rum, som upptager den utslungade luften; i detta rum måste således en motsvarande förtätning uppstå, som äfven kan användas till vagnarnas fortskaffande. En enkel vridning på kranen förändrar vagnarnas riktning åt det ena eller andra hållet. Denna egendomliga centrifugalpump sättes i rörelse af en liten högtrycksmaskin, hvars kolf verkar omedelbart på lufthjulets axel. Bredvid maskinen ligger en cylindrisk ångpanna, som lemnar det behöfliga ångtrycket.

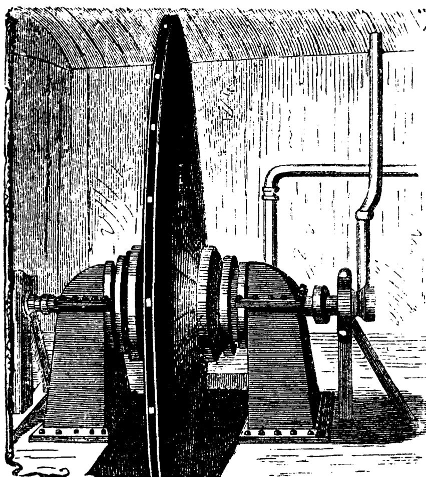


Fig. 152. Den pneumatiska bref- och paketpostens luftpump.

Den dagliga åtgången af bränsle beräknas endast till 5,40 rdr, så att, då vagnen dagligen gör 15 resor fram och tillbaka, det för hvarje sådan dubbelresa erforderliga bränslet endast upp-

går till 36 öre. Jernvägen, den första i sitt slag, eges af ett bolag, The pneumatic despatch company.

På en del post- och telegrafbyråer i England, Tyskland och andra länder har man vidtagit liknande inrättningar, fastän i mindre skala, för att skicka depescher, paket m. m. till olika delar af bygnaden. I Paris hade man till och med utarbetat en plan till reorganisation af postväsendet, der man i den mest vidsträckta skala ville begagna sig af detta nya befordringsmedel, men planen har ännu ej kommit till verkställighet.

Deremot har i England W. Rammel tillämpat samma princip ej blott på befordringen af tyngre saker, utan äfven på passagerartransporten, och der-

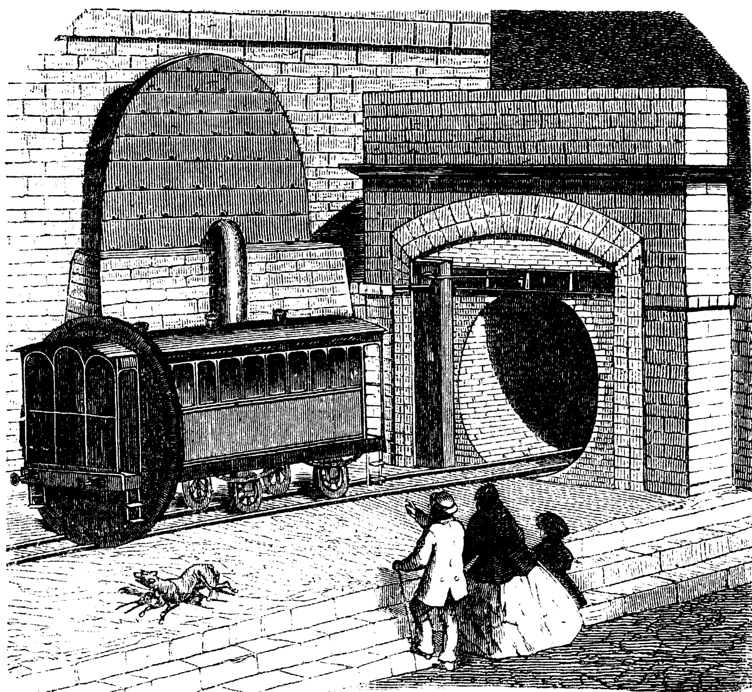


Fig. 153. Ingång till den pneumatiska jernvägen mellan London och Sydenham.

med infört de atmosferiska jernvägarna, hvilkas historia redan med S:t Germainbanan syntes afslutad, i ett nytt skede. Han gaf de vid den pneumatiska brefbefordringen använda rören en motsvarande förstoring och kunde på detta sätt utbyta de små godsvagnarna mot ordentliga passagerarvagnar. Förklaringsvis behöfva vi till det förut sagda endast tillägga, att den stora yta, som vagnen erbjuder den atmosferiska luftens tryck, gör en jemförelsevis liten förtunning af luften tillräcklig. Är vid den pneumatiska depeschbefordringen i trånga rör trycket nära en half atmosfer, behöfver det här för att sätta vagnen i rörelse blott utgöra en hundradedels atmosfer. Röret är bygdt som en

tegeltunnel. De vagnar, som sedan 1865 gå emellan London och Sydenham, likna långa omnibusar och äro på det elegantaste inredda. Man skall i dessa vagnar färdas mycket beqvämt, och det låter tänka sig, att principen är mäktig af en tillämpning i ännu större skala, som gör det möjligt att medelst en dylik rörbana bringa till verkställighet den länge hysta planen om åstadkommande af en underhafsförbindelse mellan England och kontinenten.



Brandspruta i verksamhet.

Hydrauliska maskiner.

Hydrauliskt tryck. — Horisontalplan. — Vattenpasset. — Kommunicerande kärl. — Vattenpelarmaskiner. — Häfverten. — Stick- och sughäfverten. — Vattenhjul och turbiner. — Vattenuppfordringsverk. — Paternosterverk. — Vattensnäckan. — Ventil-, sug- och tryckpumpar. — Den hydrauliska väduren. — Vattenledning för städer. — Haarlemsjöns torrläggning. — Brandsprutan. — Ångsprutor. — Den hydrauliska pressen.

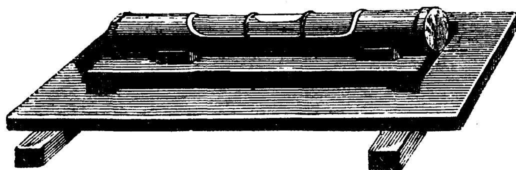
Medan en fast kropps minsta delar utan inverkan af yttre krafter bibehålla sitt läge i förhållande till hvarandra, så att det ofta fordras en ganska betydlig kraft för att skilja dem åt, men en gasformig kropps partiklar åter oupphörligt sträfva att aflägsna sig från hvarandra, hvarifrån de endast genom utifrån verkande krafter kunna hindras, är med en vätska eller flytande kropp förhållandet ett helt annat. Man kan här ej märka någon mellan dess partiklar verkande repulsion eller någon sträfvan hos dem att aflägsna sig från hvarandra; men sammanhanget emellan dem är dock så svagt, att den minsta kraft förmår ändra deras inbördes läge.

Någon sjelfständig form har en vätska derför icke, utan denna är beroende af det kärl, hvari hon innehålles. Vätskans fria, af kärlet oberörda yta antager en form, som bestämmes af de på henne verkande krafter, hvilka,

då kärlet befinner sig i hvila, endast utgöras af tyngdkraften. Hafvets yta närmar sig derför jordklotets ideela yta eller den yta, jordklotet skulle antaga under inflytelse endast af tyngd- och centrifugalkrafterna.

Då man från stranden af en stor sjö betraktar ett fartyg, som aflägsnar eller närmar sig, har man i dess skenbara nedsjunkande eller uppdykande ur vattnet ett bevis på vattenytans bugtiga form. Hos en vattenyta med jemförelsevis liten utsträckning är bugtningen ej märkbar, hvarför en dylik kan anses som en plan yta, liggande i ett mot lodlinien vinkelrätt plan, horisontalplanet. En vätska är således i jemvigt, endast när hennes yta bildar ett horisontalt plan.

Vid hvarje bygnadsarbete är bestämmandet af ett plans horisontala läge af yttersta vigt, och man begagnar sig för detta ändamål af nyss nämda egenskap hos vätskorna. Vattenpasset måste redan ha varit bekant i den grå forntiden, ehuru visserligen ej i samma form, hvarunder det nu användes. De gamla egypternas vattenledningsarbeten skulle svårligen kunnat utföras utan tillhjelp af något instrument för bestämmande af ett vågrätt plan, och vi veta, att de bygde kanaler för nilvattnets afledande ur dess naturliga strömfåra, samt att Suezkanalen redan under gamla tiden fans till, ehuru visserligen ej till samma utsträckning som nu.


Fig. 155. Vattenpass.

Nu konstrueras vattenpasset i flera olika former. Den vanliga utgöres af ett nästan rakt, i båda ändar slutet glasrör, som, med undantag af en liten luftblåsa, är fyldt med någon vätska (fig. 155), vanligen sprit för att hindra dess frysning under vintern, och försedt med en metallinfattning, så att, då denna med sin undre yta står horisontalt, befinner sig luftblåsan vid ett midt på glasröret gjordt märke. Vid ringaste lutning flyttar sig luftblåsan på sidan om samma märke. För att med ett dylikt vattenpass undersöka, huru vida en yta är horisontal eller icke, måste man tydligen efter hvartannat upplägga vattenpasset i två mot hvarandra vinkelräta riktningar; för att undvika detta besvär har man konstruerat vattenpass i form af en rund eller fyrkantig dosa, hvars lock utgöres af en nästan plan glasskifva, under hvilken luftblåsan kan röra sig i alla möjliga riktningar och således genast angifva, åt hvilket håll den yta, man undersöker, lutar. När vattenpasset är riktigt, bör blåsan stanna under midten af glasskifvan, då instrumentet ställes på en horisontal yta.

En annan konstruktion af vattenpasset utgöres af ett U-formigt böjdt rör, som fästes på en horisontal fot, så att dess båda skänklar blifva vertikala. Röret är öppet i båda ändar och fylles till en del med någon vätska, som står upp i skänklarna till ett visst märke på hvardera, då foten intager ett horisontalt läge. Då båda vattenspeglarna i rörskänklarna ligga på något afstånd från hvarandra, är det möjligt att sigta utefter dem och i

deras horisontalplan inställa ett på något afstånd varande föremål eller ock medelst en vertikal mätstång uppmäta dess höjd öfver eller djup under samma horisontalplan. Förses ett dylikt vattenpass med en tub, hvarigenom det blir möjligt att verkställa skarpare observationer och på längre afstånd afläsa måtten på mätstången, kan det användas till mätning och nivellering ute på fältet.

Det torde utan något bevis lätt förstås, att i ett U-formigt böjdt rör, som är öppet i båda ändar och delvis fyldt med en vätska, denna måste i båda skänklarna stå lika högt. Tryck och mottryck måste vara lika, och i det föregående ha vi redan i barometern haft ett upplysande exempel härpå. Skänklarnas eller de kommunicerande rörens form är fullkomligt likgiltig; om de äro böjda i räta, trubbiga eller spetsiga vinklar mot hvarandra, ligga vattenspeglarna i båda ändock alltid i samma horisontalplan. Strålen i en vattenkonst sträfvar att uppnå samma höjd som vattenytan i den behållare, hvarifrån hans vatten kommer (fig. 157), ehuru han vanligen hin-



Fig. 156. Afvägning.

dras derifrån dels genom friktion i rörledningen och luftens motstånd, dels genom tyngden af de återfallande vattendropparna. De artesiska brunnarna äro ej heller annat än kommunicerande rör, hvilkas ena ben utgöres af borrhålet och det andra af mellanrummen i det vattenförande lagret. För alla dessa gäller samma lag: i en sammanhängande vattenmassa sträfva alla delar af hennes fria yta att ställa sig i ett och samma horisontalplan.

Hydrauliska maskiner. Lättrörligheten hos vätskepartiklarna är orsaken till ett antal företeelser, som väl förtjena vår uppmärksamhet. Så t. ex. fortplantar sig det tryck, som utöfvas på någon del af en vätskas yta, lika åt alla sidor. Af detta förhållande uppstå de märkvärdigaste följder, och vi kunna hänföra alla inom hydrauliken förekommande tillämpningar och företeelser till denna grundprincip. Är vätskan, hvilken vi i det följande alltid vilja antaga bestå af vatten, innesluten i ett kärl, kunna vi ögonskenligen

öfvertyga oss om, att det tryck, som utöfvas på en sida, fortplantas genom hela vätskan och med lika styrka verkar på hvarje punkt af kärlets väggar.

Ett intressant exempel härpå utgör den hydrostatiska häfverten, hvilken består af en blåsa eller skinnpung, till en del fyld med vatten och stående i förbindelse med ett långt, upptill öppet rör. Vanligen står vattnet i detta rör ej mycket högre än blåsans högsta punkt. Häller man nu vatten i den öppna ändan, så att presshöjden i röret ökas, sväller blåsan, vattnet sträfvar att ställa sig lika högt deruti som i röret, och deraf uppkommer ett tryck på hvarje punkt af blåsans inre yta, som svarar emot presshöjden i röret, detta må nu vara huru smalt som helst. En ringa vattenmassa kan således utöfva ett oerhördt tryck och upplyfta stora tyngder, dock blott till en obetydlig höjd, ty ju mindre rörets diameter är, desto hastigare sjunker vattenpelaren deri, då vattnet derifrån inströmmar i det andra kärlet.

På grund af nyss nämda förhållande äro de s. k. vattenpelarmaskinerna konstruerade. De användas nästan uteslutande i grufvor för grufvattnets uppfordring och blott på sådana ställen, der ett högt (60 fot och derutöfver) vattenfall kan användas för maskinens drifvande. Vid Schemnitz finnes det en vattenpelarmaskin, bygd vid ett fall af 790 fots höjd.

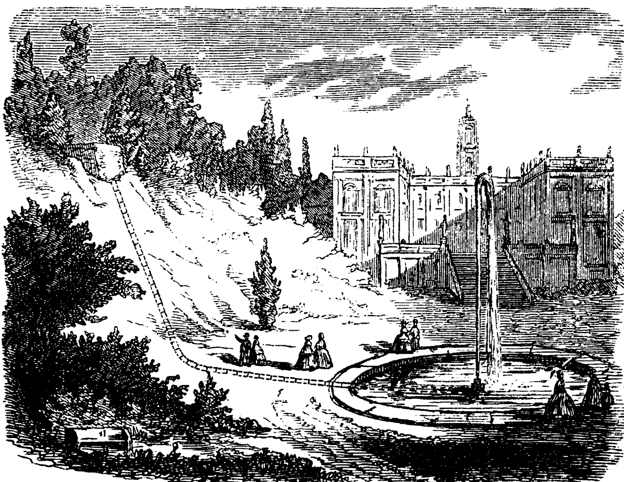


Fig. 157. Springbrunn.

År 1705 lyckades Newcomen få i gång den första praktiskt användbara s. k. eldmaskin. Denna hade en cylinder, i hvilken en lufttätt slutande kolf rörde sig fram och åter under inflytande vexelvis af ångtryck och det atmosferiska trycket. Då denna maskin blef mera allmänt bekant, var det helt naturligt, att man skulle försöka använda vattentrycket för att efter samma metod sätta maskinen i rörelse. Vattenpelarmaskinerna äro också i allmänhet konstruerade i öfverensstämmelse med den enkelt verkande ångmaskinen. En vattenpelare trycker på undre sidan af kolfven i en cylinder, och sedan denna framdrifvits ett visst stycke, afspärras vattnet, hvarefter det i cylindern inneslutna får afrinna; kolfven återgår sedan i följd af den tyngd, hvarmed han är belastad, till sitt ursprungliga läge, hvarefter han å nyo upptryckes af vattenpelaren o. s. v. Man kan tydligen äfven konstruera vattenpelarmaskiner så, att kolfvens återgående rörelse förorsakas ej blott af dess tyngd, utan äfven af vattentrycket,

d. v. s. att maskinen blir dubbelt verkande. Den första vattenpelarmaskinen skall ha blifvit bygd af fransmännen Denisard och Dueille omkring 1731. Det är dock först i början af innevarande århundrade, som dessa maskiner erhållit den utbildning, att deras arbete blifvit fullt tillfredsställande. I Baiern finnas storartade anläggningar, der vattenpelarmaskinerna spela en framstående rol. Redan länge hade man vid Reichenhall användt vattnet i en saltkälla för att derur medelst inkokning erhålla salt; men i samma mån tillverkningen ökades och flera saltkällor i närheten upptäcktes och bearbetades, minskades skogstillgången, så att man slutligen i närheten af saltkällorna saknade bränsle till vattnets inkokning. För att afhjelpa denna svårighet måste antingen bränsle hemtas till saltkällorna från längre bort belägna skogstrakter eller ock saltvattnet ledas till trakter, der bränsle fans att tillgå. Man valde den senare utvägen och bygde en vattenledning af något mer än 12 sv. mils längd, medelst hvilken vattnet uppfordras till en höjd af 3 450 fot. Vattnets framdrifvande i denna kolossala ledning besörjes af 4 vattenhjul och 8 vattenpelarmaskiner.



Fig. 158. Stickhäfvert.

Häfverten är utan tvifvel den enklaste apparat, som hydrauliken har att uppvisa. Hos den s. k. stickhäfverten (fig. 158) är det blott det yttre lufttrycket, som qvarhåller vätskan i hans inre. Om man nedför hans undre öppning i en vätska, uppstiger denna i häfverten lika högt, som hon står utanför den; tillsluter man sedan den öfre öppningen med fingret, kan man upplyfta häfverten, utan att vätskan utrinner.

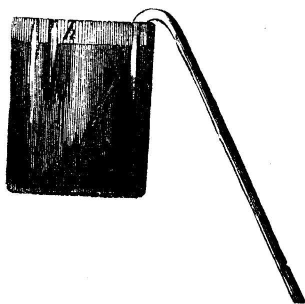


Fig. 159. Sughäfvert.

Sughäfverten, som användes att öfverflytta en vätska från ett kärl uti ett annat, består af ett rör, böjdt som fig. 159 utvisar. Man nedför rörets kortare ben i vätskan, så att den öppna ändan af det längre, utom kärlet befintliga benet kommer att ligga lägre än vätskans yta. Suger man då genom *b* så länge, tills vätskan fyller det längre röret till en punkt, som ligger lika högt med ytan *h*, uppstår jemvigt mellan det inre och yttre trycket, och vätskan rinner hvarken tillbaka i kärlet eller ut genom det längre röret. Men så snart trycket på ena eller andra sidan förändras, ändrar sig äfven vätskans förhållande. Hon rinner tillbaka i kärlet, om hon ej i det yttre röret kommer så långt ned som i jemnhöjd med ytan *h*; kommer hon längre ned, utflyter hon genom det längre röret. Om vi antaga, att häfverten vore fyld till *b*, skulle all vätska i det längre röret nedanför ytan *h* i följd af tyngdkraften nedfalla. Men derigenom skulle då uppkomma ett lufttomt rum, hvaruti det på ytan *h* verkande yttre lufttrycket genast upptryckte ny vätska ur kärlet, så att ett fortsatt utströmmande skulle ega rum, så länge den nedre ändan *a* stode ned i vätskan.

För att göra sugningen i häfverten beqvämare och undvika att få vätska i munnen anbringas ofta ett särskildt sugrör *c* (fig. 160). Vill man medelst häfverten låta vätskan utflyta ur kärlet *A*, tillsluter man öppningen vid *b* och suger genom *c* så länge, tills vätskan i det längre röret står nedanför ytan i kärlet *A*. Då upphör man med sugningen, och vätskan utflyter ur det längre röret på samma sätt som på den i fig. 159 framstälda häfverten.

Medelst en tillämpning af häfverten kan man leda betydande vattenmassor öfver höjder. Detta sker derigenom, att man anlägger en rörformig kanal, som fylles af vattnet och hvari sålunda ingen luft kan intränga, samt lägger ändan af den samma lägre än den på andra sidan höjden befintliga vattenytan. Enligt den förut omnämda lagen för lufttrycket får dock den höjd, öfver hvilken vattnet skall ledas, ej uppgå till mer än omkring 34 fot.

Om vi söka följa den väg, som vattnet oupphörligt genomlöper, finna vi, att det från hafvets och flodernas yta, från växternas blad och de lefvande varelsernas lungor i ångform uppstiger i atmosferen och här i de öfre, kallare regionerna förtätas för att i flytande form åter nedfalla. Dropparna flyta tillsammans och rinna nedåt, ända tills de åter uppnå hafvet, så vida de ej dessförinnan uppsugas af växternas rötter eller å nyo afdunsta i atmosferen. På den långa vägen till hafvet följer vattnet endast tyngdkraften och framflyter med större eller mindre hastighet allt efter lutningen af det plan, som bildar flodbädden. Den kraft, som det härvid upptar och, om dess hastighet plötsligt upphäfves, måste återge, tillgodogöra vi i de på olika sätt inrättade vattenhjulen.

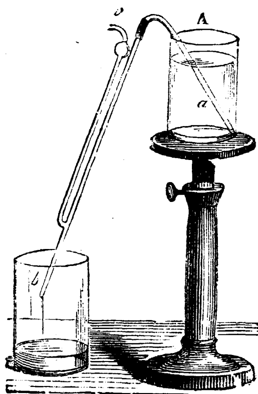


Fig. 160. Sughäfvert med särskildt sugrör.

När, hvarest och af hvem det första vattenhjulet bygdes, är omöjligt att afgöra, emedan dessa hjuls uppfinning ligger längre tillbaka i tiden, än historien räcker. Att de funnos i Europa för omkring 2000 år sedan, är bekant. Det första ändamål, hvartill man användt vattenhjulen, var utan tvifvel driften af qvarnar. Under kejsar Augustus funnos i eller nära Rom flera vattenhjul, som användes dels för vattenuppfordring, dels för malning af spanmål. Om dessa vattenhjuls konstruktion har man sig nu ingenting bekant, men sannolikt voro de ej synnerligt väl inrättade och troligen äfven dyra att underhålla. Under den gamla tidens egendomliga förhållanden, då det mesta handarbetet utfördes af slafvar, hvilkas arbete kostade högst obetydligt, och då vetenskapens användning i industrins tjenst ansågs som ett förnedrande af en ädel förståndsöfning till ett simpelt slafarbete, var det helt naturligt, att någon utveckling och fulländning af dessa maskiner ej kunde ega rum, då de, för att i någon högre grad motsvara sitt ändamål, måste konstrueras efter vetenskapliga grunder. Under 11:e, 12:e och 13:e århundradena funnos emellertid i Europa temligen allmänt mjölqvarnar, som drefvos af vattenhjul. De äldsta af dessa voro efter all sannolikhet inrättade på samma sätt, som man

i de bergiga trakterna af norra Afrika, i Pyreneerna och äfven på flera ställen i Sverige ännu får se användt för dylika ändamål. De bestå af en vertikal axel med deri insatta skedformiga eller raka skoflar, på hvilka vattnet verkar. Dessa hjul utmärka sig för en ytterst enkel konstruktion och stor omloppshastighet, men deras effekt är i förhållande till den förbrukade vattenmängden mycket ringa, hvarför de i jemförelse med de senare konstruerade vattenhjulen med horisontal axel med allt skäl anses som högst ofullkomliga maskiner.

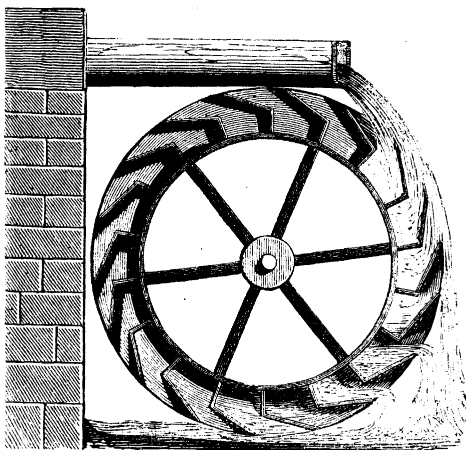


Fig. 161. Öfverfallshjul.

Det första försök till en vetenskaplig undersökning af vattenhjulens verkningssätt och ändamålsenliga konstruktion gjordes, så vidt man känner, af Galilei och Descartes i slutet af 16:e eller början af 17:e århundradet. Någon tillfredsställande teori för dessa maskiner uppstäldes dock ej förr än långt senare. År 1753 visade Deparicieux i en till franska vetenskapsakademin inlemnad uppsats, att vattnets drifkraft bättre tillgodogöres med ett hjul, der det verkar genom tryck eller genom sin tyngd, än då det verkar medelst stöt, hvaraf följer, att öfverfalls- och bröstfallshjul böra lemna ett bättre resultat än underfallshjul, vid hvilka senare vattnet vanligen verkar uteslutande genom stöt mot hjulets skoflar. År 1766 lemnade Bordu en ytterligare utredning af vattenhjulens teori, hvars riktighet bekräftades medelst försök af Bossut och Smeaton. Den senare utöfvade under sin 40-åriga verksamhet som praktiserande ingeniör ett stort inflytande på framstegen i konstruktionen af vattenhjul. I Sverige arbetade Erik Nordevall, Lagerhjelm, Sven Rinman m. fl. i samma riktning. Vattenhjulen användes hufvudsakligen vid grufvor för malmens och vattnets uppfordring, vid masugnar och smedjor samt för qvarnar och sågar. Någon egentlig fabriksindustri fans ej i Sverige förr än i medlet af förlidet sekel. Visserligen anlades i början af 1600-talet klädes-

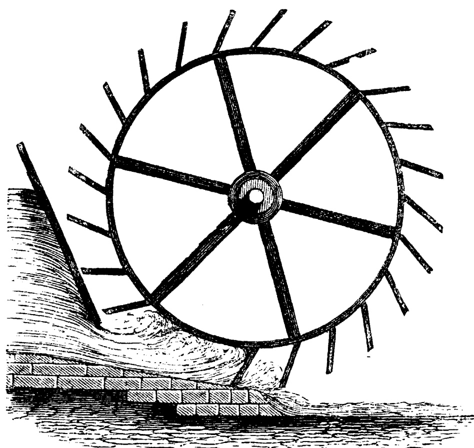


Fig. 162. Underfallshjul.

väfverier, sidenfabriker, pappersbruk m. m., men dessa voro väl i allmänhet ej tilltagna i större skala, än att dit hörande arbetsmaskiner till största delen drefvos med handkraft. Först med uppkomsten af en större industri gjorde sig behofvet af en billig och ändamålsenlig drifkraft gällande. De vertikalt gående vattenhjulen med horisontal axel ha merendels en långsam gång, 5—20 hvarf i minuten, och ha visat sig som ändamålsenliga motorer i många afseenden; men för sådana arbetsmaskiner, som erfordra en stor hastighet, vore det naturligtvis önskligt att också erhålla ett hjul med något större omloppstal. De äldre vattenhjulen med vertikal axel egde visserligen en stor omloppshastighet, men arbetade ojemnt, förbrukade mycket vatten samt lemnade det oaktadt en ringa effekt och kunde derför ej gerna ifrågakomma att användas för en större industriel anläggning, så vida man ej kunde gifva dessa hjul en sådan konstruktion, att de kunde motsvara de fordringar, man har på en god hydraulisk motor. Då en större drifkraft — ett par hundra hästkrafter och derutöfver — blir behöflig, erhålla de vertikalt gående hjulen otympliga dimensioner, och de horisontala blifva fullkomligt oanvändbara. I samma mån industrins behof af drifkraftökades, började man allt mer inse, att den här och der förekommande vattenkraften vore ett kapital af utomordentligt högt värde, om man blott kunde utfinna något medel att göra det fruktbärande.

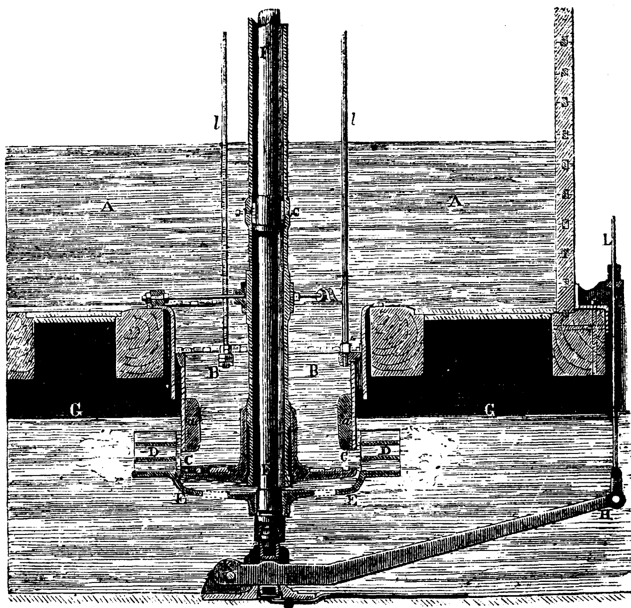


Fig. 163. Vertikal genomskärning af en turbin.

År 1826 utsatte La société d'encouragement pour l'industrie nationale ett pris af 6000 franc för konstruktion af ett horisontalt gående vattenhjul, användbart för industriela behof och som uppfylde vissa för vattenkraftens fördelaktiga tillgodogörande nödvändiga vilkor. Den förste, som i någon mån lyckades lösa detta problem, var den franske bergsingeniören Burdin, som på sitt hjul först använde namnet turbin (af latinska ordet turbo, snurra). Burdins hjul utgöres af en kring sin geometriska axel rörlig cylinder, kring hvilken löpa flera kanaler för vattnets upptagande, hvilkas nedre

ändar utlöpa horisontalt och utsläppa vattnet i en riktning motsatt den, i hvilken hjulet rör sig. Omedelbart ofvanför hjulet finnes en behållare för pådragsvattnet, hvilken är försedd med utloppsöppningar, som utmynna nära horisontalt och i samma riktning, i hvilken turbinen rör sig.

Oaktadt alla försök, lyckades dock ej Burdin med dessa hjul tillgodogöra mer än 60 procent af naturkraften och kunde ej heller uppfylla alla de af sällskapet i dess program uppstälda vilkor, hvartill bland annat hörde, att turbinen skulle kunna arbeta under vatten, utan att dess effekt derigenom märkbart minskades.

Burdins lärjunge, civilingeniören Fourneyron i Besançon var lyckligare än sin lärare och konstruerade en turbin, som uppfylde prisprogrammets alla fordringar, hvarför sällskapets pris också tillerkändes honom. Hans första turbin uppstäldes i januari 1834 vid Inval i närheten af Gisors.

Hans turbin består af två koncentriska hjul, af hvilka det ena ligger inuti det andra. Det ena hjulet, den s. k. ledskensapparaten, är orörligt och försedt med ledskenor, som i bestämda riktningar leda vattnet mot det yttre hjulets skoflar. Fig. 164 visar en horisontal genomskärning af ledskensapparaten *B* och turbinhjulet *D*; fig. 163 deremot föreställer en vertikal genomskärning af samma turbin med ledskensapparat, pådragsverk och tilloppsränna. Från tilloppsrännan *AA* nedkommer vattnet genom cylindern *B* i ledskensapparaten *C*, hvarifrån det inströmmar i turbinhjulet *D*, som medelst skifvan *E* är förbundet med axeln *F*. Denna roterar på en tapp, hvilken går i ett af häfstången *KH* uppburet lager. Häfstången kan medelst stången *L* höjas eller sänkas, så att utloppsöppningarna från ledskensapparaten komma i jemnhöjd med skofvelkanalerna i turbinhjulet. Mellan ledskensapparaten och hjulet kan pådragscylindern *B* medelst stängerna *ll* skjutas upp eller ned, allt efter som man vill pådraga eller afstänga vattnet. Den här visade anordningen är sådan, hon vanligen användes vid låga fall. Vid höga fall begagnas ofta en s. k. omvänd uppställning, d. v. s. man inleder vattnet nedifrån och lägger ledskensapparaten under turbinen. Den lyckliga iden i denna konstruktion, oafsedt dess jemförelsevis stora enkelhet och lätthet, ligger deruti, att vattnet samtidigt inströmmar i hela den inre periferin och utan några väsentliga hinder utströmmar vid den yttre, sedan det aflemnat i det närmaste hela sin kraft på hjulet.

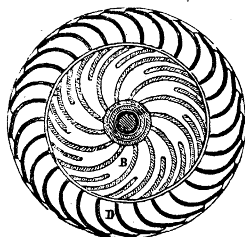


Fig. 164. Horisontal genomskärning af ledskensapparat och turbinhjul.

Fourneyrons turbinkonstruktion utbredde sig snart öfver hela Europa och ersatte i synnerhet de vid låga fall bygda underfallshjulen, som sällan tillgodogjorde mer än 20 procent af naturkraften, men visade sig äfven vid höga fall, hvilka förut för industriela behof varit nära nog onyttiga, som en utmärkt motor. I sistnämda afseende framstår som en konstruktion af synnerligt intresse Fourneyrons turbin i S:t Blasien (badiska Schwarzwald), hvilken

är bygd vid ett fall af 367 fot, går med en hastighet af 2 300 hvarf i sekunden, har en fots diameter och arbetar med 32 hästars kraft.

Fourneyrons turbin har sedermera undergått flera förändringar, af hvilka den väsentligaste var den, som har ledskensapparaten anbragt öfver, i stället för inuti turbinhjulet, eller den s. k. Jonvals turbin.

Fördelen af denna konstruktion är, att turbinen kan ställas huru högt som helst öfver undervattensytan, så vida denna höjd ej öfverstiger höjden af den vattenpelare, som håller jemvigt med atmosfertrycket, eller 34 fot. Denna turbin konstruerades först 1837 af mekanikern Henschel i Kassel och uppsattes 1841 vid ett stensliperi i Holzminden (Braunschweig), der han besågs af Köchlin och Jonval, hvilka sedermera togo patent derpå i Frankrike, och har turbinen derefter erhållit namnet Jonvals turbin.

Utom de nu nämda finnes en stor mängd andra turbinkonstruktioner, hvaraf dock de flesta kunna betraktas som variationer af Fourneyrons och Jonvals.

Turbinernas företräden framför vattenhjulen äro, att de arbeta med en större hastighet, erfordra ett mindre utrymme, äro mindre känsliga för en förändring i vattenståndet, så att de utan olägenhet kunna arbeta flera fot under vattenytan, samt slutligen att de lättare än vattenhjulen kunna konstrueras för ett stort kraftbelopp.

Vattenuppfordringsverk. Vi öfvergå nu till sådana apparater, hvilka ej, i likhet med vattenhjulen, sättas i rörelse genom vattnets drifkraft, utan medelst någon annan kraft uppbringa vatten till en högre belägen punkt. Dylika maskiner finnas från allra äldsta tider. Ännu i dag se vi den uråldriga brunnvågen eller det enkla vindspelet för vattenuppfordring ur brunnar samt en mängd andra enkla maskiner, endast användbara för uppfordring till mindre höjder. Dit höra t. ex. uppfordringshjulen, hvilka för tusentals år tillbaka, liksom ännu vid Nilen, begagnades vid Indiens floder och annorstädes för de närgränsande fältens bevattning. Uppfordringshjulen användas äfven för sanka markers uttorkande, i synnerhet i de holländska och tyska marskländerna, der de mestadels drifvas af väderqvarnar. Dessa hjul äro vanligen ej försedda med celler, utan med skoflar, såsom underfallshjulen; i likhet med dessa är äfven deras periferi till en del omgifven af en skulbro. I motsats till hvad som eger rum vid de egentliga vattenhjulen, är vattnet här ett passivt element; en främmande kraft, nämligen vindens, sätter hjulet i rörelse, så att skoflarna uppfånga vattnet, sopa det uppför skulbron och kasta det i en der ofvanför liggande ränna. Från den högsta höjd, som på detta sätt kan uppnås och hvilken alltid inträffar något under hjulets axel, bortflyter vattnet sedan i sin anvisade bana. Men äfven dessa konstlösa apparater erhöllo redan i äldre tider en mera fulländad utveckling uti tympanum, en trumma, som i sin yttre periferi upphemtar vattnet och sedan vid sin rotation genom böjda kanaler, som äro anbragta inuti henne, fortskaffar det till den ihåliga axeln, hvarifrån det utströmmar i en underställd ränna.

Nära uppfordringshjulen står det lika gamla s. k. paternosterverket (fig. 165), en kring två trummor eller hjul löpande ändlös kedja, försedd med skopor eller ämbar. Då verket användes till vattenuppfordring, uppställes det så, att skoporna, då de passera omkring den nedre trumman, fyllas med vatten, hvilket, då de passera den öfre, uttömmes i en dertill afsedd ränna. Dylika paternosterverk användas ej blott till vattenuppfordring, utan äfven till flera andra ändamål: i qvarnar till mjölets förflyttning från en våning till en annan, på mudderverk till muddrets upphemtning från sjö- eller flodbottnen till mudderpråmen o. s. v. En art paternosterverk utgör det s. k. skofvelverket, som användes till vattenuppfordring vid mindre höjder. Det utgöres af en lutande ränna, i hvilken en med flera brädlappar försedd kedja rör sig. Kedjan passerar öfver två rullar, af hvilka den öfre drifves antingen med handkraft med tillhjelp af en vef eller ock medelst en hästvandring. Kineserna föredrogo att sätta henne i rörelse med fötterna, då de i vefvens eller hästvandringens ställe satte ett tramphjul. Då denna apparat skulle arbeta i lodrät ställning, måste han förses med en sluten ränna eller ett rör; i senare fallet användes i stället för brädlapparna runda, stoppade skinnkuddar, som sluta bättre till och gå med mindre friktion. På senare tider ha dessa kuddar blifvit ersatta med metallkolfvar. Paternosterverket har fått sitt namn af sin likhet med ett radband.

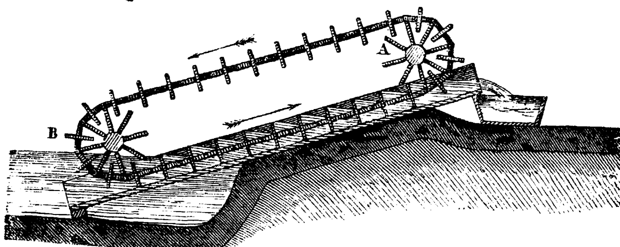
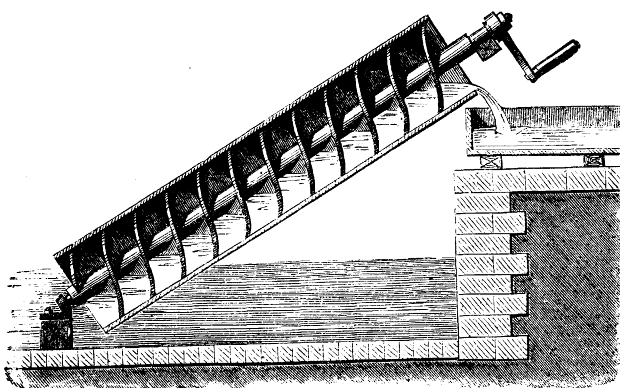


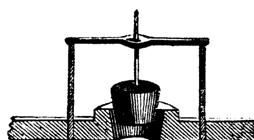
Fig. 165. Paternosterverk.


Fig. 166. Vattensnäckan.

Något liknande paternosterverket är linpumpen, i hvilken en lina utan ända kringföres på samma sätt som nyss nämda kedja och uppstiger i ett trångt rör. Om linan sättes i hastig rörelse, upprycker hon, blott och bart i följd af vattnets adhesion, en större vattenmängd, än man skulle kunna tro. Anbringar man i den ändlösa kedjan öskärl, behöfves naturligtvis intet stigrör.

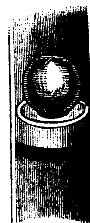
En intressant hit hörande apparat är den s. k. vattensnäckan eller arkimediska skrufven, hvilken, oaktadt sitt namn, likväl knappast kan antagas förskrifva sig från Arkimedes, utan snarare från en tidigare period och från Egypten. Det ofvan nämda tympanum är för öfrigt ingenting annat än en arkimedisk skruf. Denna skjuter vattnet, på samma sätt som skofvelverket, uppför ett icke allt för brant lutande plan och består i sin enklaste form af en skruf, som kringvrides i ett orörligt cylinderformigt tråg. Härvid rinner likväl alltid en större eller mindre mängd vatten tillbaka genom mellanrummet mellan skrufven och tråget; man har derför i stället för tråget gifvit skrufven en hel omklädnad, som öfver allt sitter fast vid skrufgängans kant och följaktligen deltar i rörelsen. En sådan inrättning visas af fig. 166. Vattensnäckans vridning måste alltid ske i motsatt riktning till den, hvari skrufgängan går. Då den i vattnet nedgående ändan uppfångat en viss vattenmängd, afstänges denna genom första omvridningen från den öfriga vattenmassan och flyttar sig vid hvarje senare i följd af sin tyngd, som allt jemt söker hålla henne på den djupaste punkten, med höjden af en gänga upp mot den högre belägna utloppsöppningen, dit hon kommer efter så många hvarf, som skrufven har gängor. Skrufgängorna bilda en enda kanal, hvilken vattnet har att genomgå nedifrån uppåt; i det framställda exemplet är skrufven dubbelgängad. Dylika snäckformiga kanaler framställas äfven på det sätt, att ett eller två bleckrör i form af en korkskruf lindas omkring en roterande axel, och härigenom uppstår den tredje brukliga formen af vattensnäckan.


Fig. 167. Klaffventil.


Fig. 168. Konisk ventil.

Pumpen. De nu genomgångna uppfordringsverken efterhärma mer eller mindre handarbetet vid vattenupphemtningen; pumpen deremot hvilar närmast på en annan, närslägtad princip, nämligen sugningen, och tar följaktligen lufttrycket till hjelp. Vi säga, att han hvilar närmast derpå, ty, fastän de äldsta pumparna alltid voro sugpumpar, känna vi dock nu till andra pumpapparater, som äro oberoende af atmosfertrycket.

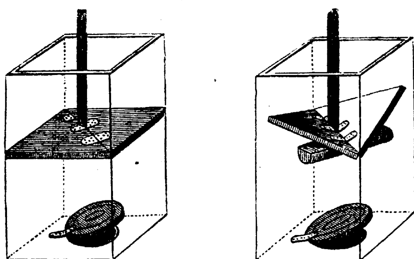
Sedan vi lärt känna luftpumpen och kompressionspumpen, är vattenpumpens inrättning lätt att förstå. Vi veta, att om vi vilja tillstänga det torricelliska röret (fig. 95), icke genom att tillsmälta det, utan genom att deruti införa en lufttätt slutande kolf, uppstår vid den senares uppdragande ofvanför qvicksilfret ett lufttomt eller luftförtunnadt rum. I detta rum pressar det yttre lufttrycket upp vattnet eller qvicksilfret, det förra 34 fot, det senare 25,6 tum högt.


Fig. 169. Kulventil.

Sugpumpar kallas de inrättningar, i hvilka vätskan på detta sätt uppbringas. Ger man vattnet ett aflopp, innan det uppnått 34 fot, kan man ge-

nom fortsatt pumpande uppbringa vatten i röret, så länge dess nedre ända står under vattenytan.

Genom anbringande af ventiler kan man åter nedföra pumpkolfven, utan att den redan upplyfta vätskan sjunker tillbaka. Fig. 167—169 framställa några af de vigtigaste formerna på ventilen. Den s. k. klaffventilen är den äldsta och vid vanliga pumpar mest brukliga. Han rör sig, liksom en fallucka, på gångjern, hvilka ofta blott utgöras af fastnubbade läderremsor. Oftast bestå de likväl af metallplåtar, hvilka göras täta med läder eller filt.



Klaffkolf.
Fig. 170. Uppgång. Fig. 171. Nedgång.

På bättre pumpverk äro vanligen ventilen och dess anslag af metall, hvarigenom en fullständigare afstängning åstadkommes. Man begagnar vidare dels koniska, dels kulventiler, hvilka afbildas i fig. 168 och 169. Den förra påminner om en propp, som rör sig upp och ned i halsen på en flaska. En bygel hindrar honom att afkastas från anslaget och bibehåller honom i hans rätta läge. En bland de bästa ventiler är kulventilen, som består af ett svarfvadt metallklot, fritt liggande på sitt anslag; denna ventil höjes med det stigande vattnet och faller sedan åter tillbaka. Hvilken vridning han under tiden gjort, är likgiltigt, då han i följd af sin form i alla lägen sluter lika väl till. Vanligen anbringas öfver honom ett par korsvis satta byglar för att hindra honom att stiga för högt.

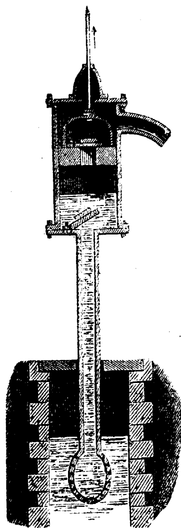
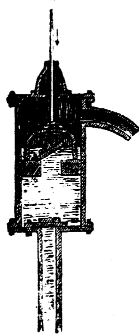


Fig. 172. Sugpump.

Ju finare ventilapparaten är utförd, desto lättare är han utsatt för störande inflytelser af sand och annan orenlighet, och i detta afseende har kulventilen den fördelen framför de andra, att han lättare af sig sjelf frigör sig från främmande kroppar. För att sätta i omlopp mycket orena vätskor (t. ex. gödselvatten och dylikt) har man åtskilliga andra slag af mindre känsliga kolfvar. Rören äro då vanligen ej runda, utan utgöras af fyra bräder. Kolfven är en qvadratformig skifva, på hvilken man stundom anbringar flera hål, täckta genom större läderklaffar. Eller ock sammansättes kolfven af fyra trekantiga, genomborrade stycken, så att han omger stången i form af en tratt, på hvars insida läderklaffarna komma att ligga. Dylika kolfvar kallas trattkolfvar. Ganska ändamålsenlig för vanliga fall är äfven en i fig. 170 och 171 afbildad inrättning, som har fördelen att utan all konstfärdighet kunna åstadkommas. Sjelfva kolfven gör här tjenst som dubbel klaff, och allt, som behöfves, är ett tvärstycke vid stångens ända, mot hvilket de båda vingarna vid kolfvens uppgående anslå.

Det första vilkoret för en god pump är, att så väl kolf som ventiler sluta väl till. Man tätar derför kolfven genom att linda honom med skinn, hampa eller blår o. s. v., så att han med en viss elasticitet rör sig upp och ned i röret. Ju slätare och glattare pumprörets väggar äro, desto längre står kolfvens packning vid lag. En metallpackning af samma slag, som begagnas på ångmaskiner, kan naturligtvis äfven användas på pumpar.

Hos den vanliga *sugpumpen* urskilja vi *sugröret*, som nedgår i vattnet och nedtill slutar med ett slags sil, hvilken afhåller orenlighet, och *pumpstöfveln*, hvari kolfven föres upp och ned.



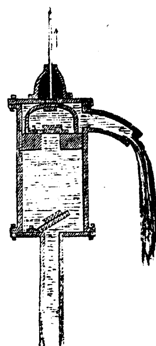


Fig. 173. Fig. 174.
Sugpumpen i olika skeden af sin verksamhet.

För att åskådliggöra pumpens verksamhet framställa vi i fig. 172—174 tre olika moment deraf. En noggrant slutande kolf kan lika väl pumpa luft som vatten, och med en sådan är det likgiltigt, om sugröret är helt och hållet eller endast delvis fyldt med vatten. Man pumpar visserligen en stund med tomt rör, men likväl ej förgäfves. Vid hvarje kolfslag utdrifves en viss luftmängd, och luften i röret förtunnas; vid hvarje kolfslag uppdrifves äfven så mycket vatten, att skilnaden mellan den yttre och inre luftens täthet utjemnas, och slutligen uppstiger vattnet genom den nedre eller s. k. *sugventilen*. Vid nästa kolfslag utströmmar det genom kolfvens ventil (fig. 173), och då kolfven å nyo uppdrages och dess ventil stänges, upplyftes vattnet ytterligare och kommer slutligen upp till aflöppsröret (fig. 174). Ventilens arbete är det samma i vatten- och luftpumpen: då kolfven upplyftes, slutes dess ventil, emedan luften eller vattnet trycker derpå; samtidigt dermed öppnar sig sugventilen genom luft- eller vattentrycket nedifrån. I det ögonblick, då kolfven börjar sin rörelse nedåt, sluter sig sugventilen och kolfvens öppnar sig. Ventilerna i en pump äro sålunda samtidigt slutna endast då, när pumpen ej arbetar; eljest öppnar sig alltid den ena, då den andra sluter sig.

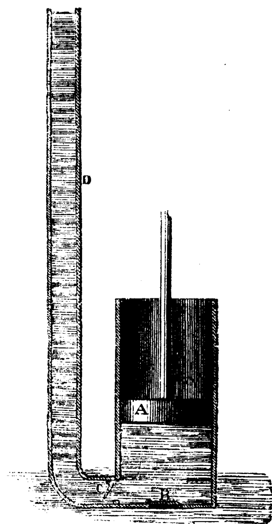


Fig. 175. Tryckpumpen.

Då pumpen står full med vatten, kan han begagnas, äfven om kolfven ej sluter fullt tätt mot cylindern, såsom fallet ofta är med vanliga pumpar; men han ger då mindre vatten. Sugventilen måste alltid vara i godt stånd, ty om han blir otät, bortgår vattnet snart, och pumpen står torr. Genom vattnets påhällning ofvanifrån kan dock denna olägenhet afhjelpas. Packningen uppsväller då af vattnet, och kolfven sluter bättre till, åtminstone för ögonblicket.

Liksom sugpumpen helt och hållet öfverensstämmer med den förut beskrifna luftpumpen, kan tryckpumpen, till hvilken vi nu öfvergå, jemföras med kompressionspumpen.

Tryckpumpen utmärker sig förnämligast derigenom, att hans kolf utgöres af ett helt stycke utan ventiler. Han nedgår i vattnet och uppdrifver det genom ett stigrör. Då tryckpumpen väsentligen är oberoende af lufttrycket, kan detta rör vara huru högt som helst, blott dess väggar äro nog starka att motstå vattenpelarens tryck och maskinen har tillräcklig kraft. På tryckpumpen, hvars enklaste form visas i fig. 175, förekomma äfven två vexelvis verkande ventiler: sugventilen *B* och tryckventilen *C*. Då kolfven *A* uppstiger, intränger vatten genom *B*, under det ventilen *C* tillslutes genom trycket af vattenmassan i *D*, som derigenom hindras att flyta tillbaka; vid kolfvens nedgående tillstänges *B*, och *C* måste öppna sig för att å nyo insläppa vatten i röret. Som man ser, förekommer äfven vid tryckpumpen sugning, men emedan kolfven ej höjer sig särdeles mycket öfver den yttre vattenytan, erfordras ingen synnerlig kraft till sugningen, utan, i motsats till sugpumpen, utför tryckpumpen sitt väsentligaste arbete vid kolfvens nedgående.

Apparaten kan äfven lätt förvandlas till en förening af tryck- och sugpump. Om vi antaga, att vattnet, som skall pumpas upp, ligger ett godt stycke längre ned, behöfs blott, att ett rör nedföres deri från cylinderns botten, hvilket öppnas och stänges af ventilen *B*. Detta nedre parti verkar då som en vanlig sugpump, och det nedre rörets längd måste afpassas i enlighet med den bekanta lagen för atmosfertrycket. Vid ett sådant system tages tydligen den drifvande kraften i anspråk, åt hvilket håll kolfven än rör sig: vid sitt uppgående måste pumpen uppdraga vatten i cylindern och vid nedgåendet upptrycka det ännu högre. Handpumpen utgöres ej sällan af en på detta sätt anordnad sug- och tryckpump, i synnerhet då brunnen är för djup för en enkel sugpump, eller ock då det ända till brunnkanten uppfordrade vattnet skall uppbringas ännu högre.

Huru en god pump praktiskt utföres, visar vidfogade afbildning af en utaf metall konstruerad gård- eller torgpump, hvilken kan begagnas både som sug- och tryckpump (fig. 176). Svängeln *ABC* vrider sig omkring axeln *B*; på den korta häfstångsarmen *CB* hänger medelst en länk dragstången *CD*, hvilken nedtill vid *D* likaledes genom en länk är förbunden med kolfstången. Då vid svängelns neddragande kolfven *E* upplyftes, öppna sig de båda ventilerna *F* och *G*, och vatten uppstiger genom röret *H* i pumpstöfveln, under det samtidigt dermed det vatten, som redan befann sig öfver kolfven, upplyftes ännu högre och genom ventilen *G* uppdrifves i stigröret. Vid kolfvens nedgående stängas ventilerna *F* och *G*, kolfvens öppnar sig, och en ny vattenmassa uppstiger ofvanför den samma. Kolfven har följaktligen vid sitt uppgående att öfvervinna både friktionen och tyngden af den vattenpelare, som räcker från vattenytan i brunnen till stigrörets mynning, vid nedgåendet deremot blott friktionen, som eger rum dels mellan de fasta delarna, dels mellan kolfven och det genom dess ventil strömmande vattnet. Om stigrörets mynning, såsom

vi ofvan antogo, låge mellan *E* och *F* i pumpstöfveln, behöfde kolfven ingen ventil och skulle då vid uppgåendet suga, vid nedgåendet trycka upp vattnet. Med den nu använda konstruktionen utföres hela arbetet vid kolfvens uppgående, d. v. s. vid svängelns nedtryckande, och denna anordning är vald just med afseende derpå, att muskelkraften derigenom användes beqvämare och fördelaktigare, än om största motståndet skulle öfvervinnas vid svängelns upplyftande.

Om stigrörets öfre utloppsöppning endast behöfver ligga några alnar högre än den nedre, är en blott sugpump tillräcklig, så framt pumpröret göres tillräckligt högt. Pumpen går då tyngre, emedan en högre vattenpelare måste upplyftas. Det är tydligt, att, sedan vattnet en gång kommit ofvanom kolfven, dess upplyftande skall försiggå på samma sätt, som om det upplyftes i ett ämbar. Derför kan också denna del af röret göras huru lång som helst, under förutsättning att den tillgängliga kraften är tillräckligt stor. I praktiken finnes ingen annan gräns för uppfordringshöjden än den, då pumpens särskilda delar ej längre kunna motstå den påkänning, för hvilken de i följd af vattentrycket utsättas. Sådana pumpar med mycket långa stigrör och korta sugrör användas i synnerhet i grufvor.

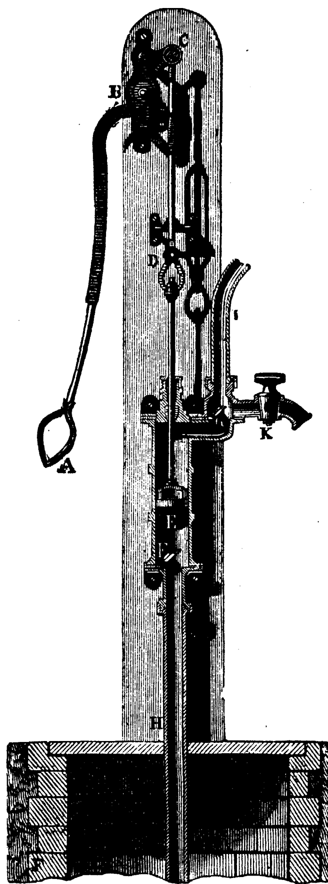


Fig. 176. Gårdpump.

För uppfordring från större djup — 100 famnar och deröfver — förslår ej en enda pump, utan man måste då anbringa flera pumpsättningar öfver hvarandra, af hvilka hvar och en högre stående upptar och vidare fortskaffar det vatten, han mottagit från den närmast under varande.

Vid tryckpumpen är kolfvens form tydligen en likgiltig sak; man ger honom stundom formen af en lång, glatt metallcylinder, massiv eller ihålig, som i det närmaste fyller pumpstöfveln, dock utan att beröra dess väggar. Packningen anbringas här, icke vid kolfven, utan på pumpstöfvelns lock, och består af läder eller hampa. Fördelen hos denna s. k. plungerkolf (fig. 177) är minskad friktion, sålunda lättare gång och en fullständigare tätning, som kan motstå ett ganska betydligt tryck.

En intressant modifikation af sugpumpen är den s. k. säckpumpen, hvarvid användes ett slags skinnsäck utan botten, som med sin öfre mynning är vattentätt fäst omkring kolfven, med den nedre omkring sugröret, så att sugventilen arbetar inuti det sålunda bildade rummet. Säckens längd rättar sig efter kolfslagets höjd; vid kolfvens högsta läge sträckes han och lägger sig

vid nedgåendet tillsammans i veck, som en blåsbelg, hvarvid den inre volymen minskas. Sättet för vattnets uppfordring härvid är det samma som vid en vanlig pump, men den fördelen vinnes, att friktionen mellan kolfven och röret försvinner.

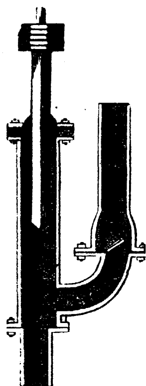


Fig. 177. Tryckpump med plungerkolf.

En modifikation af säckpumpen visar fig. 178. Lädersäcken är här utbytt mot en elastisk slang af vulkaniseradt gummi, hvilken med sin ena ända nedhänger i vattnet och med den andra är vattentätt förenad med stigröret. Slangen hoptryckes medelst tre rullar, som äro fästa på ett hjul och vid dettas rotation rulla öfver en del af slangen och trycka det framför dem varande vattnet eller luften upp i stigröret. En dylik pump är dock ej i stånd att uppfordra vattnet till någon större höjd, och om sughöjden är för stor, är slangens elasticitet ej alltid tillräcklig att mellan hvarje hoptryckning utvidga honom.

Utom pumpar, hvilkas kolfvar hafva en fram- och återgående rörelse, finnas s. k. centrifugalpumpar. De ha erhållit detta namn deraf, att den kraft, som vid dessa maskiner förorsakar vattnets uppfordring, är centrifugalkraften. En dylik pump utgöres hufvudsakligen af ett med skoflar försedt hjul, omgifvet af en kåpa, från hvilken stigröret, som leder vattnet till pumpen, utgår. Detta senare inmynnar vid hjulets medelpunkt; det tillströmmande vattnet gripes af skoflarna och utkastas vid hjulets rotation i dess periferi, hvarifrån det bortgår genom stigröret. Då en dylik pump är tom och befinner sig ofvanför den yttre vattenytan, är han fullkomligt oförmögen att kunna uppumpa vattnet, utan måste, för att bringas i verksamhet, först fyllas med vatten. Dessa pumpar användas för sin stora enkelhets skull ganska mycket; de äro mindre ömtåliga än kolfpumpar, emedan de ej ha några ventiler, hvilka af den vattnet medföljande orenlighet kunna bringas i olag. De användas dock ej gerna för uppfordring till större höjd än 25—30 fot, dels emedan deras omloppshastighet då blir utomordentligt stor, och dels emedan deras effekt i förhållande till den drifkraft, de förbruka, blir högst ringa.

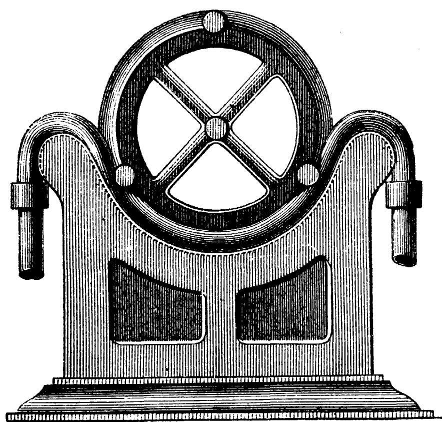


Fig. 178. Roterande pump.

Den hydrauliska väduren eller stöthäfverten, så kallad, emedan den verkande kraften här är den stöt, som utöfvas af en i sin rörelse plötsligt hämmad vattenmassa, utgör en af de intressantaste vattenuppfordringsmaskiner.

Då Et. Montgolfier en dag befann sig i en badanstalt, fästes hans uppmärksamhet på den häftiga reaktion, som uppstod i ledningsröret, då vattnet plötsligt hämmades i sitt lopp. Då han stängde kranen, skakades hela rörledningen, och en dag sprängde det till och med kranen. Montgolfier lät nu bakom denna anbringa ett ofvantill öppet, lodrätt rör för att se, huru högt vattnet af stöten skulle kunna uppdrifvas deri. Det uppnådde en ansenlig höjd, och af denna erfarenhet begagnade han sig sedan vid konstruerandet af sin intressanta apparat, som derefter med fördel användts på flera ställen, der förhållandena medgifvit dess anbringande.

I sin enklaste form består stöthäfverten blott af två rör och två ventiler. Genom ett liggande rör *A B* (fig. 179) ledes vattnet från en högre belägen behållare. Det utflyter genom en på rörets öfre sida anbragt öppning *a*, hvil-



Fig. 179. Användning af den hydrauliska väduren.

ken är försedd med en ventil, som af det inifrån verkande vattentrycket kan slås igen och sålunda afspärra röret. Denna ventil är tung, så att han nedfaller, då vattnet är stillastående; derigenom blir vägen fri för det samma, och det utströmmar med tilltagande hastighet. Då nu denna stigit till en viss höjd, blir vattnets tryck på ventilens undre sida så starkt, att denna tillstänges och vattnet plötsligt hejdas i sitt lopp. Det tryck, som härvid utöfvas på rörets väggar, blir olika allt efter det utströmmande vattnets massa och presshöjd, men det blir alltid ganska betydligt, då hela den lefvande kraft, som vattnet upptagit, nu på en gång återgifves. Detta tryck öppnar derför en annan, utåt gående ventil *b* och uppdrifver vattnet i ett stigrör. Det sålunda uppdrifna vattnet hindras att flyta tillbaka derigenom, att ventilen i följd af vattenpelarens tryck åter genast tillslutes. Då stötens verkan upphört, öppnar sig åter ventilen *a* genom sin egen tyngd eller genom en motvigt. Vattnet börjar å nyo rinna, och samma företeelser, som nyss beskrefvos, upp-

repas igen. Vore stigröret allt för högt, skulle naturligtvis dess vattenpelare slutligen trycka så starkt mot spärrventilen, att denna ej vidare kunde öppna sig vid stötarna; derför måste stigrörets mynning alltid ligga något under denna största möjliga uppfordringshöjd. Denna kan likväl vara betydligt större än vattnets presshöjd, men i samma mån uppfordringshöjden ökas, minskas äfven den uppfordrade vattenmängden i förhållande till den förbrukade.

På vår afbildning (fig. 179) leder den andra ventilen ej omedelbart in i ett stigrör, utan först i en vindkittel, der luften sammantryckes genom det inströmmande vattnet. På detta sätt blir trycket mera likformigt, och apparaten ger en oafbruten vattenstråle, oaktadt tillflödet sker stötvis. Montgolfier använde till sin stöthäfvert en vindkittel af i det närmaste det utseende, som fig. 180 utvisar.

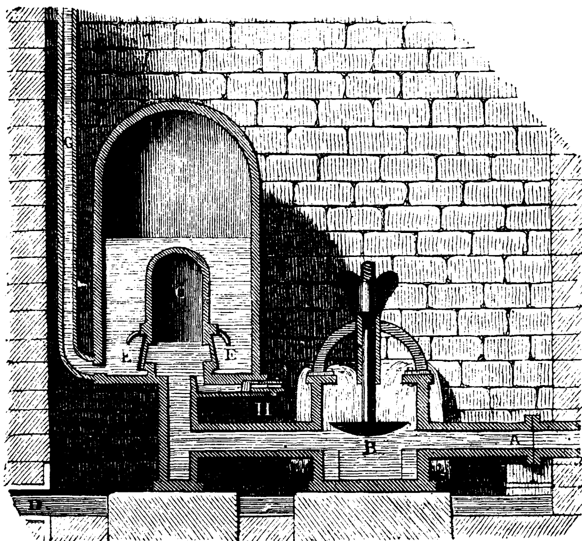


Fig. 180. Montgolfiers hydrauliska vädur.

Då vattnet alltid upptar en viss mängd af den luft, hvarmed det kommer i beröring, och desto mera, ju större trycket är, skulle i föreliggande fall luften i vindkitteln så småningom försvinna, om ingen ny tillfördes. Detta sker emellertid genom en horisontal öppning vid *H*, som är försedd med en inåt gående ventil. I det ögonblick, då genom vattnets återgång till *A* en luftförtunning uppstår, upptrycker den yttre luften ventilen, hvarvid någon luft intränger och blandar sig med den redan i *C* befintliga. Vid nästa stöt följer sedan en liten luftmängd med genom ventilen *E* och uppstiger i rummet *F*.

Användningen af den hydrauliska väduren visar sig i synnerhet fördelaktig i sådana fall, då man har att förfoga öfver en stor vattenmassa med ringa fall och önskar uppbringa vattnet till en betydlig höjd. Med en dylik inrättning vid Senlis i Frankrike uppdrifver man i hvar minut 660 skålpund vatten till en höjd af nära 70 fot.

Orsaken till dessa maskiners ringa utbredning ligger ej så mycket i anläggningskostnaden som icke snarare i svårigheten att konstruera hufvuddelarna nog starka och hållbara för ett längre bruk, hvilket i synnerhet är fallet med de båda ventilerna, som öppnas och slutas ända till 80 000 gånger om dagen och derutöfver.

Mest ansträngges hufvudventilen *B*, som slog emot en metallplatta, till dess ingeniör Foex i Marseille gaf honom en sådan inrättning, att han trycktes, ej mot ett anslag af metall, utan mot en vattenkudde. Härigenom blef det möjligt att göra ventilen vida lättare utan att minska hans hållbarhet.

Vattenverk för uppfordring i stort ha länge funnits vid grufvor och saltverk, men nyare tiders storartade vattenverk ha först genom ångmaskinen blifvit möjliga. Dessa vattenverk erfordra nämligen till sin drift hundra- till tusentals hästkrafter, och först då man förfogade öfver motorer af en så betydande kraft, blef det möjligt att förse hvarje större stad med en vattenledning, som lemnade rent vatten i riklig mängd i hvarje hus, i hvarje kök, i bad- och tvättinrättningar, i fabriker, till gatornas sköljning, med ett ord öfver allt, der det behöfdes.

Behofvet att erhålla rent och sundt vatten i tillräcklig mängd föranledde redan i forntiden anläggning af vattenledningar. Romarnas arbeten i denna väg voro kolossala. Forntidens vattenledningar afsågo dock nästan uteslutande vattnets framledande till städerna och dess uppsamlande i bassänger eller brunnar, hvarifrån det sedan af invånarna hemtades. Om någon vattenuppfordring var här nästan aldrig fråga. Senare tiders uppfinningar och större tekniska hjelpmedel ha mångfaldigat vattenledningarnas användning, och de fördelar, de bereda nutidens städer, äro ojemförligt större än i forntiden. Våra vattenledningar äro för ögat mindre storartade, men till sina verkningar mångdubbelt mera välgörande än forntidens. I samma mån vattenledningarna erhållit den utsträckning, att de kunnat användas ej blott för industriela behof, utan äfven begagnas af arbetsklassen, ha också deras verkningar på städernas befolkning visat sig mera genomgripande. Om deras praktiska betydelse yttrar en af Englands utmärktaste ingeniörer sant och träffande: »Mina iakttagelser och undersökningar ha hos mig befäst den öfvertygelsen, att arbetsklassens karakter och vanor mera förderfvas genom den bristfälliga beskaffenheten af deras bostäder än genom de största umbäranden i ekonomiskt hänseende. Den snyggaste och ordentligaste qvinna skall under inflytelsen af smuts, fukt och stank ovilkorligen slappas i sina bemödanden och slutligen upphöra att göra vidare ansträngningar, för att troligen nedsjunka till en smutsig, bullersam, missnöjd och måhända supig qvinna, hustru till en man, som ej har någon trefnad i sitt hem, moder till barn, hvilkas hem är fängelset eller gatan. Den moraliska och fysiska förbättring, som är en gifven följd af vattens inledande i arbetsklassens bostäder, är en vida större vinst än den pekuniära, huru betydlig än denna i vissa fall tyckes vara. I Nottingham visade sig snart en märkbart ökad personlig snygghet. Läkarna förklarade, att snyggheten inom hus betydligt tilltagit och sjukligheten minskats.»

Beqvämlighet och renlighet inom och utom hus, större sundhet samt de lägre klassernas höjande i sedligt och sanitärt hänseende äro följder, som i mer eller mindre grad framkallas af vattenledningarna i de stora städerna, och det kan med allt skäl påstås, att de kostnader, som nedläggas härpå, blifva

snart nog ersatta genom en minskning i kostnaderna för fattigvården. Ett bekant sakförhållande är, att i samma mån en stadsdel ordnas i sanitärt hänseende, i synnerhet hvad vattenledningar och kloaker beträffar, försvinner från den samma den uslaste och mest demoraliserade befolkningen och ersättes af en ordentligare. De oförbätterliga draga sig undan till de osnyggare delarna af staden.

I industrielt hänseende äro de ej af mindre vigt. De flesta fabriksgrenar fordra för sin drift vatten, många af dem i betydande mängder, och ofta nog bestämmes platsen för en anläggning af lättheten att erhålla den

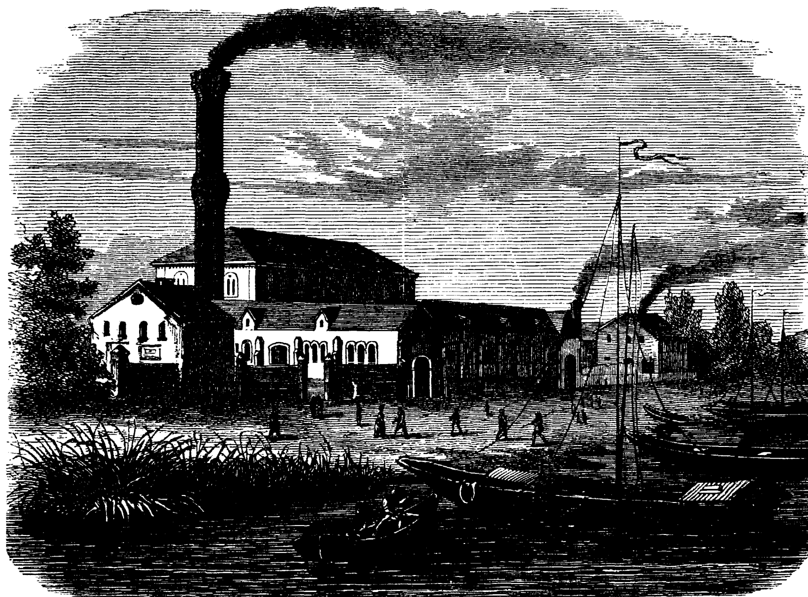


Fig. 181. Berlins vattenverk.

erforderliga vattenmängden. Härigenom inskränkes ofta antalet af de för sådana anläggningar lämpliga platser till en viss stadsdel; men sedan staden erhållit en vattenledning, kan denna med samma lätthet lemna vatten på hvilken plats och till hvilken mängd som helst.

En annan af vattenledningarnas fördelar är möjligheten att ordna eldsläckningen på ett mera fullständigt sätt, ja, till och med så fullständigt, att en större eldsvåda blir nästan omöjlig, så vida icke en mängd ogynsamma förhållanden på en gång medverka.

De städer, som ega den rikaste tillgång på vatten, torde vara Rom och New-York, men båda fylla sitt behof medelst kanaler från kringliggande höjder. Sådana lokala förhållanden höra dock till undantagen, och för att icke blott inleda vattnet i staden, utan äfven uppbringa det i husens högsta våningar, måste man oftast taga sin tillflykt till större pumpverk.

Det i förhållande till vattenförbrukarnas antal kraftigaste vattenverket eger Glasgow, ty här beräknas i medeltal 200 kannor vatten i dygnet för hvarje invånare. I Manchester beräknas 110, hvilket dock är mer än behöfligt. I städer på kontinenten beräknas vanligen 30 till 50 kannor i dygnet för hvarje person.

Ehuru visserligen London redan för 200 år sedan var delvis försedt med vattenledning, är det dock först under de senaste årtiondena, som dessa anläggningar blifvit mera allmänna.

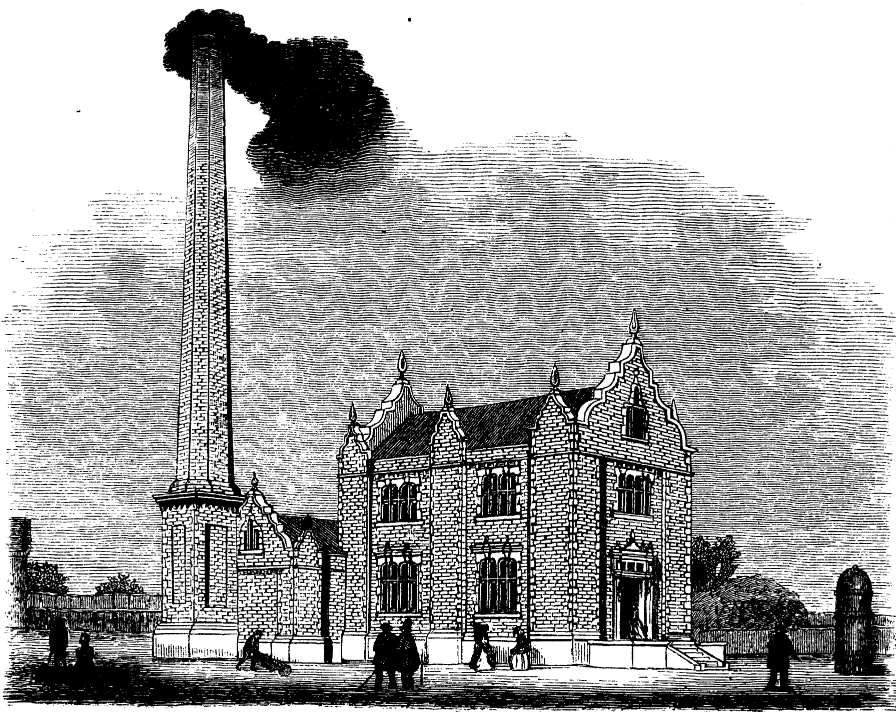


Fig. 182. Stockholms vattenledning.

Som bekant, kan vatten vara antingen hårdt eller lent, allt efter som det innehåller en större eller mindre mängd upplösta salter. Smaken beror hufvudsakligen på vanan, men i sanitärt hänseende måste det lena vattnet gifvas ett bestämdt företräde; det är också det enda, som med fördel begagnas vid kokning, tvätt, i fabriker m. m.

Man använder olika metoder att meddela vattnet det tryck, som är nödigt, för att det skall till erforderlig höjd uppstiga i husen. Sålunda upptryckes det antingen i ett högt, vertikalt jernrör, ett s. k. ståndrör, hvarifrån det sedan öfvergår till det rörnät, som fördelar det i staden, eller pumpas det upp i en reservoar, så högt belägen, att det derifrån kan strömma till hvilken punkt af rörnätet som helst; slutligen kunna också, såsom händelsen är vid Berlins

vattenverk, pumparna trycka in vattnet i rörledningen direkt utan mellanliggande reservoar- eller ståndrör. Berlins vattenverk (fig. 181), som ligger i närheten af Spree, använder till sin drift ej mindre än 1 200 hästkrafter, som drifva 16 pumpar, af hvilka några uppfordra vatten ur floden till silbäddarna, der det filtreras, för att derefter af de öfriga pumparna inpressas i vattenledningen.

Der lokala förhållanden ej lägga stora hinder i vägen för användningen af högt belägna reservoarer, föredrager man denna utväg framför de båda andra. Stockholms vattenverk begagnar sig af en dylik reservoar, belägen på ett berg mellan Skanstull och Hornstull och på en höjd af 180 fot öfver tröskeln af Stockholms sluss. Vattnet uppumpas ur Årstaviken till silbäddarna, hvarifrån det nedrinner i en brunn, och pumpas sedan upp till den s. k. vattenborgen, från hvilken det öfvergår i rörledningen. Fig. 182 visar maskinhuset till Stockholms vattenledning.

Haarlemsjöns torrläggning. Detta arbete utgör det mest storartade, som i den vägen någonsin blifvit utfördt, och har åt landtbruket och industrin återeröfrat stora landsträckor, som hafvet under tidernas längd uppslukat.

Som bekant, ligger det land, som vid Rheinflodens mynning bildats af dess uppslamningar, det s. k. rheindeltat, blott obetydligt öfver hafvets yta i dess medelläge, medan vid flodtiden stora sträckor af Hollands jord ligga lägre än hafsytan. Dels genom de vallar, hafvet sjelft i dynerna uppkastat, dels genom de af menniskohand uppförda dammarna skyddas det innanför liggande landet mot hafvets öfversvämning, åtminstone under vanliga förhållanden eller så länge dammarna ej tillfälligtvis eller afsigtligt genombrytas. Hollands historia är rik på dylika tilldragelser, dels framkallade af patriotism för att förgöra en inträngande fiende, dels förorsakade af våldsamma stormar, som drifvit hafvet upp öfver landet och vållat ofantliga förluster af lif och egendom. Den obrutna ihärdighet och kraft, hvarmed befolkningen under omständigheter, som tycktes egnade att förlama det segaste motstånd, åt kulturen räddat ett fruktbart land, äro i sanning beundransvärda. Vore det vår afsigt att här skildra denna holländarnas oafbrutna jättekamp med vattnet, deras kanaliseringar, dambygnader, slussanläggningar m. m., hvarpå landets hela tillvaro beror, skulle vi nödgas förutskicka en beskrifning af landets fysiska beskaffenhet. Då en sådan skildring likväl skulle ligga utom gränserna för vårt ämne, kunna vi inskränka oss till några få erinringar.

De för öfversvämningar mest utsatta delarna äro de s. k. polderna, låga, på alla sidor af fasta dammar omgifna landsträckor, som merendels ha formen af oregelbundna fyrkanter och medelst urtappning blifvit vunna från de omgifvande morasen samt förvandlade till gräsrika beten och fruktbara fält. Ett vidt förgrenadt kanalsystem, särdeles gynsamt för sjöfarten, tjenar till att upptaga det vatten, som dels framtränger ur jorden, dels nedfaller som regn, och för att hindra vattnet i dessa kanaler att stiga för högt och förorsaka öfversvämningar finnas här och der små väderqvarnar, som utpumpa vattnet.

Kanalsystemet har vid sin utmynning i hafvet en sluss, som i händelse af behof kan öppnas vid ebbtiden och vid flodtiden hållas stängd. Men trots alla dessa väl uttänkta och sorgfälligt underhållna anläggningar, hvilka redan äro århundraden gamla, fick hafvet på sina ställen öfverhand. Så har t. ex. Zuiderzee inom den historiska tiden vuxit till sin nu varande storlek genom hafvets inträngande under 13:e och 14:e århundradena, och de vidfogade kartorna (fig. 183 och 184) visa, huru den del af Holland, som kallas Haarlemsjön, förändrat sitt utseende under loppet af ett enda sekel. År 1530 omfattade Haarlemsjön en yta af ungefär 11 000 tunnland, 1591 nära dubbelt så stor yta, och 1648 hade hon vuxit ända till 28 000 tunnland. Då framställdes af qvarnbyggaren Jan Adrianss Leeghwater ett förslag att indämma Haarlemsjön och medelst 160 väderqvarnar utpumpa dess vatten i Het Y, den med Haarlemsjön sammanhängande viken af Zuiderzee. Men oaktadt nödvändigheten blef allt mera trängande, ansågs dock det framstälda förslaget för de då varande förhållandena allt för storartadt. Ingenting gjordes för att afhjelpa det onda, och 1740 betäckte Haarlemsjön 33 000 tunnland. Då framlade Cruquius ett nytt förslag att torrlägga Haarlemsjön, för hvilket ändamål han ville använda 112 väderqvarnar. I början af innevarande århundrade gjordes slutligen ett nytt förslag i samma riktning af Lynden van Hemmen, som för ändamålet ville använda 18 större ångmaskiner.

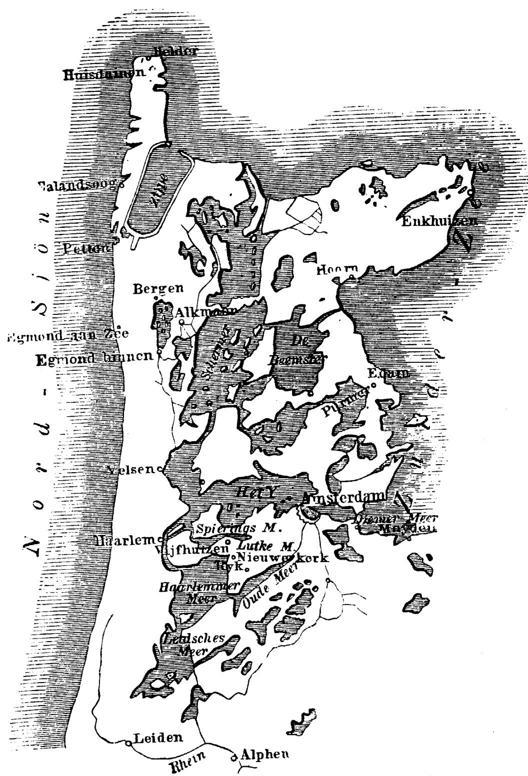


Fig. 183. Haarlemsjöns utsträckning år 1530.

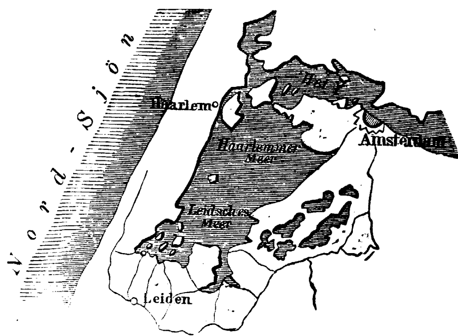


Fig. 184. Haarlemsjöns utsträckning år 1648.

De på andra ställen norr om Het Y utförda torrläggningarna, hvarpå dock arbetats i århundraden, innan man lyckats från hafvet eröfra de land-

sträckor, som en jemförelse mellan 1530 och 1852 års kartor utvisar, voro uppmuntrande för försöket, men den ständigt växande nödvändigheten var dock ett skäl, som talade ännu kraftigare. Dock gjordes för saken så godt som ingenting, och 1830 intog Haarlemsjön en yta af 36 000 tunnland.

Då kommo i november och december 1836 två förfärliga stormar. Den ena, från vester, dref den 29 november hafvet öfver dess bräddar ända fram till Amsterdams murar och satte en areal af 8 000 tunnland under vatten; den andra, på sjelfva julafton, kom från öster, dref hafvet upp emot Leijden och dränkte nära 15 000 tunnland. Derpå inträffade stark köld, vattnet frös, och den häraf förorsakade skadan var oberäknelig. Då tillsattes slutligen 1837 en kommission för att pröfva de redan föreliggande torrläggningsförslagen och utarbeta ett nytt. År 1840 började arbetet och hade efter åtta år så långt framskridit, att tre kolossala ångmaskiner, uppkallade efter Leeghwater, Cruquius och Lynden, kunde begynna sitt arbete. De arbetade oafbrutet i tretionio månader och hade då utpumpat en vattenmassa af 31 700 000 000 kubikfot och förvandlat Haarlemsjöns botten till torr, odlingsbar mark.

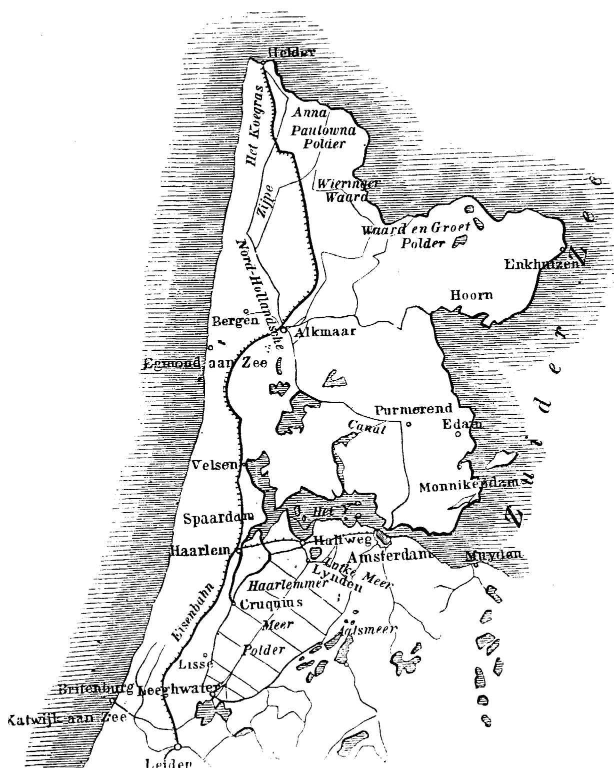


Fig. 185. Karta öfver Nordholland från år 1852.

Vi vilja nu öfvergå till en kort beskrifning af de maskiner, hvarmed detta storartade och för Holland så vigtiga företag utfördes.

De tre nämda maskinerna äro s. k. cornwallismaskiner. De äro konstruerade af de engelska ingeniörerna Deam och Gibbs och utförda i Cornwallis, emedan de holländska maskinfabrikanterna fordrade så höga pris, att man måste afstå ifrån att få dem gjorda inom landet. Endast ångpannorna och balanserna äro förfärdigade i Amsterdam. Hvarje maskin är konstruerad för en effekt af 500 hästkrafter, men tages vanligen ej i anspråk för mer än 350.

Fig. 186 visar en vertikal genomskärning af en sådan maskin. *A* föreställer ångcylindern, *B* kolfven, *E* en motvigt, i hvilken balansernas åt maskinen vända ändar äro fästa. *M* är kondensorn, *S* ångröret, *N* regleringsventilen,

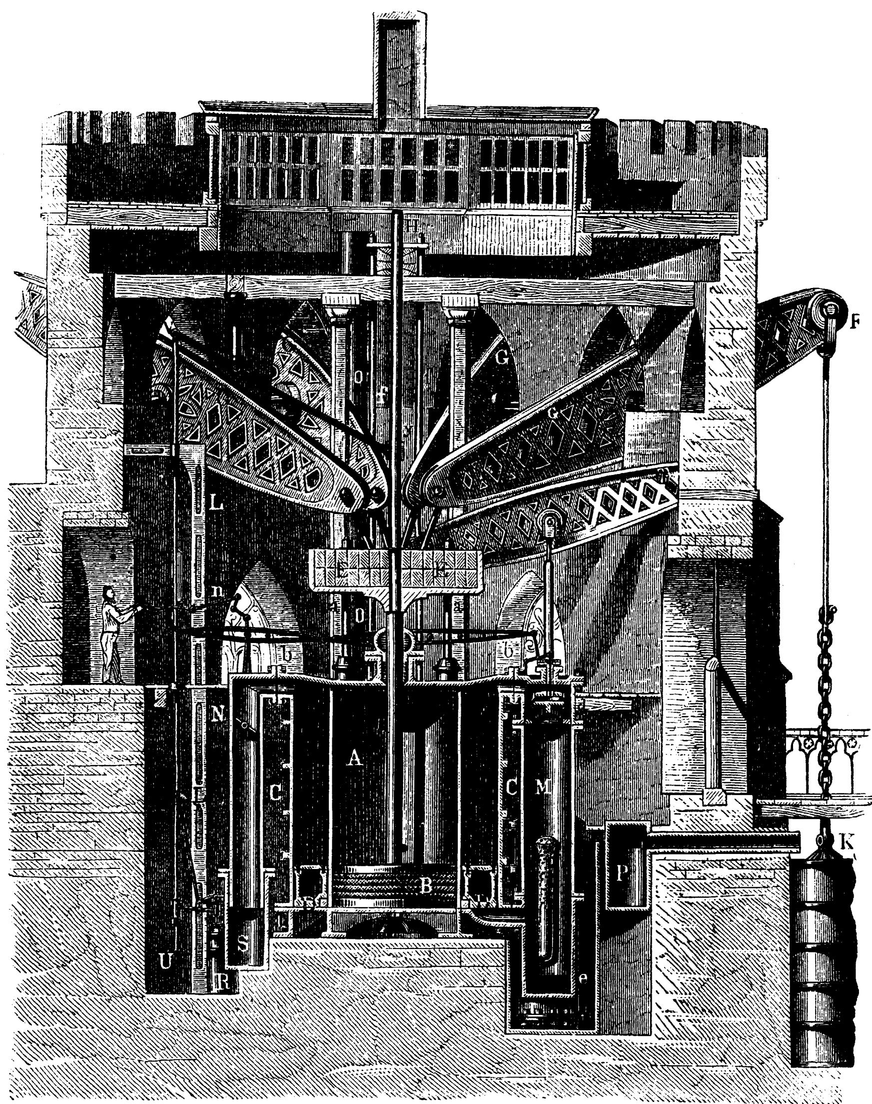


Fig. 186. Genomskärning af ångpumpverken Cruquius och Leeghwater.

K en pumpcylinder. Figuren är tillräckligt tydlig för att göra vidare förklaringar öfver maskinens arbete obehöfliga. Fig. 187 visar pumphusets yttre utseende. Leeghwater arbetar med 11 pumpcylindrar, Cruquius och Lynden hvardera med 8. Då deras förenade ansträngningar slutligen torrlagt den

mark, som i århundraden varit hafsbotten, framträdde åter gator, vägar, grundmurningar till hus och broar m. m.

Kostnaderna för torrläggningen uppgingo till 14 millioner holländska gulden (21 millioner rdr rmt), som till två tredjedelar betäcktes genom försäljning af den torrlagda marken, så att endast en jemförelsevis ringa summa återstod, hvilken mer än uppväges af de ekonomiska och politiska fördelarna af en sådan landvinning.

Brandsprutan. Brandsprutorna äro ingenting annat än sug- och tryckpumpar, afsedda för ett särskildt ändamål. Liksom springbrunnarna, äro de

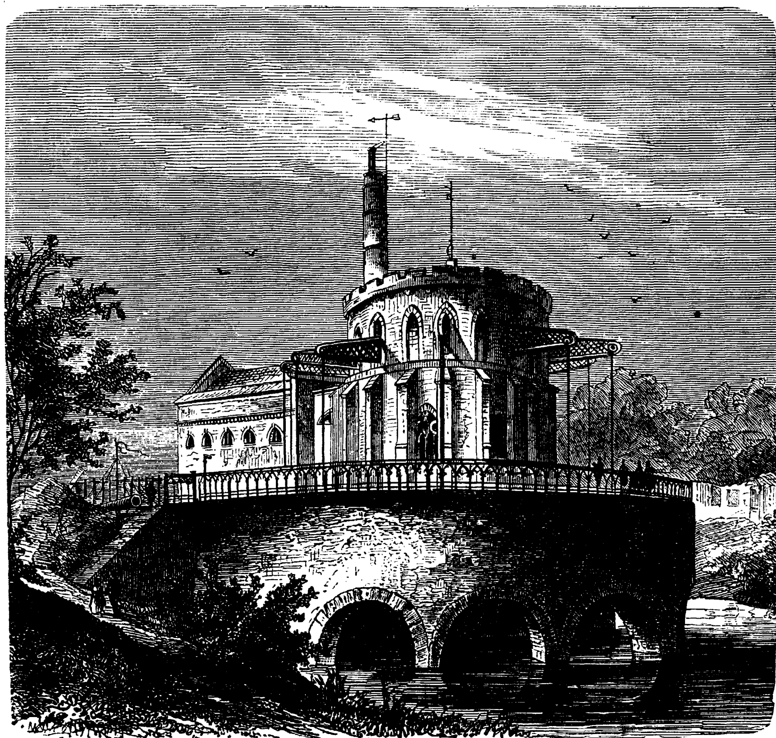


Fig. 187. Ångpumpverket Leeghwater.

bestämda att i fria luften utkasta en vattenstråle till största afstånd. Då vattnet nästan alls icke låter sammantrycka sig, kan det ej gifva efter för ett ensidigt verkande tryck på annat sätt än genom att vika undan för det samma. I de vanliga handsprutorna ha vi det enklaste exemplet härpå. Då trycket upphör, upphör naturligtvis äfven strålen; på samma sätt som i tryckpumpen sker äfven här uppstigandet stötvis.

Om man i en tillsluten och till hälften med vatten fyld flaska (fig. 188) inför ett glasrör med fin öppning, hvars nedre ända nedgår i vattnet, och se-

dan genom ett annat rör blåser in luft i flaskan, hvarigenom den luft, som förut fans ofvanför vattnet, sammantryckes, uppskjuter genom det första röret en vattenstråle, hvilken småningom tilltager i hastighet och sedan åter allt mer aftager, om man upphör med luftens inblåsande. I kemiska laboratorier begagnar man sig af dylika sprutflaskor för att medelst den fina vattenstrålen tvätta fällningar och dylikt.

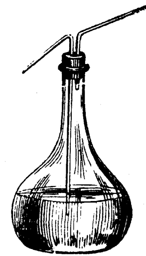


Fig. 188. Sprutflaskan.

Heronsbrunnen (fig. 189) är endast en användning af sprutflaskan, afsedd att åstadkomma en oafbruten vattenstråle. Ett böjdt rör *b* går lufttätt genom propparna af två flaskor, af hvilka den öfre innehåller vatten, hvaruti ett annat, till en fin spets utdraget rör nedgår. Om nu vatten påhälles genom trattröret *a*, sammanpressar detta den luft, som finnes i båda flaskorna och i röret *b* samt utdrifver genom röret *c* en vattenstråle, som stiger högre, i samma mån vattenpelaren står högre i röret *a*. Liksom vid den hydrauliska väduren, ha vi här åter ett elastiskt medium, hvaraf man vid brandsprutans konstruktion gör en ständig användning.

Ehuru man ej med full noggranhet kan uppgifva tiden för brandsprutornas uppfinning, vet man dock, att redan före Kristi födelse funnos maskiner, med hvilkas tillhjelp vatten inkastades i brinnande hus. Ktesibios skall ha utfört en vattenpump försedd med vindkittel, och den af Heron från Alexandria, efter någras förmodan son till Ktesibios, uppfunna maskinen med dubbel metallkolf tyckes i det hela haft samma inrättning som våra nu varande brandsprutor, ehuru under tidernas lopp mycket gått förloradt, som sedan måst å nyo uppfinnas.

De första brandsprutor skola ha förfärdigats i Augsburg 1518; förut begagnades endast handsprutor. I senare hälften af 17:e århundradet erhöll apparaten slangen af en holländare och vindkitteln af en fransman. Den nyare tiden har ej tillagt någonting väsentligt.

De flesta sprutor ha två pumpar, hvilka sättas i rörelse medelst en tvåarmad häfstång, så att den ena kolfven går ned, när den andra går upp. Pumpstöflarna äro på kärrsprutorna anbragta antingen bakom hvarandra i kärrans längdlinie eller bredvid hvarandra. I förra fallet ligger häfstången längs efter kärran, i det senare tvärs öfver henne. Den första formen, som är fördelaktigare i trånga passager, begagnas mest i Tyskland; den andra, som tillåter flera personer att arbeta bredvid hvarandra, mest i England. Fig. 190 visar en genomskärning af den senare konstruktionen.

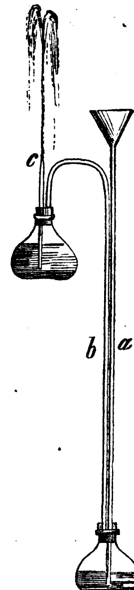


Fig. 189. Herons brunn.

Vi se i afbildningen de båda vexelvis upp- och nedgående kolfvarna i sina metallcylindrar *P* och *P'*. Då kolfstängernas rörelse upp och ned ej kan bli fullkomligt rätlinig, måste de genom ett slags gångjern förenas med kolfvarna. Man har uttänkt många slags inrättningar för att åstadkomma

kolfvens rätliniga styrning; i vår afbildning åvägabringas hon medelst en särskild vertikal stång. Ventilernas verkningssätt är förut beskrifvet. Genom sugventiler uppdrages vattnet ur den cistern, hvari pumpverket står och hvilken alltid bör vara fyld. Kolfvarna indrifva vattnet i den i midten befintliga, gemensamma vindkitteln, vanligen af koppar, hvilken sålunda har ständigt tillflöde från båda sidor. Härigenom sammanpressas den der varande luften till en allt mindre volym och trycker tillbaka på vattnets yta. Luftens spänstighet verkar nu som en regulator och utdrifver genom det i vindkitteln nedgående stigröret *R* en oupphörlig vattenstråle, som utan denna tillställning skulle afbrytas för hvarje kolfslag. Stigröret är ofvan vindkitteln böjdt och försedt med en apparat för slangens påskrufvande. Man kan äfven undvara stigröret, om man anbringar slangen på en öppning strax ofvanför bottnen af en vattenbehållare.

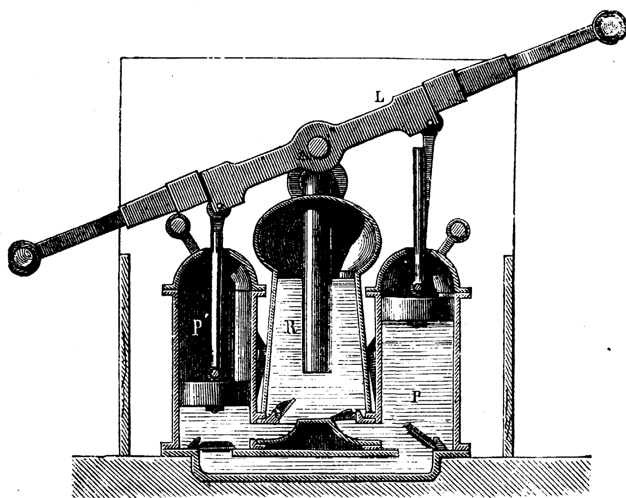


Fig. 190. Genomskärning af brandsprutan.

Munstycket, hvarigenom vattnet utströmmar, afsmalnar mot mynningen, så att denna är betydligt trängre än slangen eller stigröret. Då vattnet tränger igenom denna trånga öppning, erhåller det den hastighet, som vi se hos strålen, medan det i slangen går vida långsammare. Om slangen är tjugu gånger vidare än mynningen af röret, har strålen tjugu gånger större hastighet än vattnet i slangen, men ju större utloppshastighet strålen har, desto längre går han. Då en bestämd kraft sätter i rörelse en ringa massa, blir hastigheten desto större, ju mindre massan är. Den finaste strålen måste sålunda under inverkan af lika tryck vara den hastigaste; men i följd af hans ringa vattenmängd blir också hans verkan mindre, hvarför man blott i nödfall begagnar sig af de smalaste munstyckena (af ungefär 3 liniers diameter).

Slangen göres vidare än munstycket äfven af det skäl, att det motstånd, vattnet lider genom friktion i slangen, ökas med hastigheten, så att en slang af lika diameter skulle förorsaka ett så stort hinder mot det framströmmande vattnet, att detta ensamt skulle förbruka en stor del af den kraft, som fordras för sprutans drifvande.

Då sprutan hemtar sitt vatten omedelbart ur det kärl, hvari pumpapparaten är ställd, verkar hon nästan endast som tryckpump. Hon kan dock äfven

verka som sugpump och genom en slang från ett större afstånd sjelf taga det vatten, hon förbrukar. Vidare kan en brandspruta användas att framskaffa vatten åt en annan genom att låta den förra aflemna sitt vatten i den senares behållare. Man har äfven konstruerat brandsprutor med en enda dubbelt verkande pump och liggande cylinder, en konstruktion, som skrymmer föga och derjemte medför den fördelen, att den liggande cylindern, då apparaten skall användas under stark köld, lätt kan uppvärmas, så att sprutan ej genom ventilernas hopfrysning blir obrukbar.

För flera år sedan väckte en rotationsspruta af Repsold ett visst uppseende, utan att likväl kunna bibehålla sig i allmänhetens förtroende. Hon utgjordes af två roterande kolfvar eller rättare excenterskifvor, hvilka liksom kugghjul ingrepo i hvarandra och insögo vatten vid den ena sidan samt utpressade det på den motsatta. Dessa excenterskifvor voro inneslutna i en gemensam kåpa, hvars väggar de gingo så nära som möjligt och i hvilken till- och afloppsrören utmynnade. Den största svårigheten med detta maskineri är att göra tillräckligt tätt mellan de roterande excenterskifvorna och den anslutande kåpan, utan att friktionen blir för stor. Emellertid användes denna konstruktion, dock ej som brandspruta, utan som pump och blåsmaskin, och har i denna egenskap lemnat jemförelsevis goda resultat.

Kolfpackningen, hvars beskaffenhet har ett stort inflytande på sprutans användbarhet, är ofta svår att vidmakthålla, emedan apparaten oftast står torr. Man har derför med fördel användt samma packningsmetod som vid den hydrauliska pressen. Kolfven har rundt omkring en inskärning, hvari är insatt en lädermanschett. Bakom lädret gå små kanaler genom kolfven och utmynna på hans undersida. Det genom dessa kanaler inträngande vattnet utpressar lädret. Stundom inpassas kolfvarna så noga i pumpstöfveln, att ingen packning behöfves, hvarvid likväl inträngande sand lätt kan förstöra apparaten.

Ångsprutor konstruerades först i Amerika och England, men ha på det hela ej gjort någon lycka hvarken der eller annorstädes. Ehuru de kunna utkasta betydliga vattenmassor, så att de egentligen blott äro användbara vid tillgång på rinnande vatten, inskränkes dock deras nytta ganska mycket genom deras ovighet och den tidsförlust, som uppstår genom uppvärmningen. Dessutom är en dylik apparat ganska dyr, och på en så invecklad mekanik kan lätt en skada uppkomma, som gör hela maskinen obrukbar. Ångsprutan är ett slags förening af lokomobil och spruta; pumpmekanismen är hufvudsakligen den samma som på vanliga sprutor, utom att ångkraften ersätter handarbetet.

Den hydrauliska pressen. Som tillägg till det föregående vilja vi här omnämna ännu ett intressant pumpverk, hvars ändamål visserligen är helt olikt vanliga pumpars och sprutors, men hvars teori dock har mycket gemensamt med deras. Den hydrauliska pressen eger visserligen en pump, men denna pumpar ej bort något vatten, utan vattnet ingår snarare som en del af sjelfva maskineriet och utför här rolen af en häfstång. De processer, som försiggå

i den hydrauliska pressen, äro alldeles motsatsen till dem i brandsprutan. I denna har kolfven en jemförelsevis långsam och kraftig rörelse och meddelar den genom slangens munstycke utströmmande fina vattenstrålen en stor hastighet. Tänker man sig i stället, att kraften verkar i munstycket för att upptrycka pumpkolfven, har man en tillställning, som är snarlik den hydrauliska pressen.

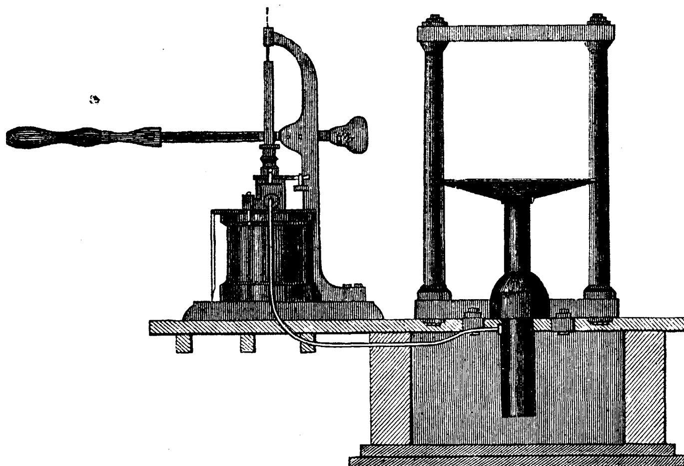


Fig. 191. Den hydrauliska pressen.

Fig. 191 ger oss en ide om den hydrauliska eller, som han efter sin uppfinnare kallas, *bramapressen*. Pumpkolfven har här en mycket mindre genomskärning än stigröret. Om vi nu antaga, att han blott är $^1/_4$ så stor, pressar han, när han går 1 fot djupt ned i pumpstöfveln, vattnet i stigröret $^1/_4$ fot högt. Hindras nu detta uppstigande af en stämpel, erfar denna på hvarje qvadrattum af sin yta ett tryck lika med det, som utöfvas af en kolf med 1 qvadrattums genomskärning. Om denna senare belastas med en vigt af 5 skålpund och stämpelns yta utgör 4 qvadrattum, uppdrifves han med en kraft af 20 skålpund, men hans väg är blott $^1/_4$ af kolfvens, och vi återfinna sålunda här det vid afhandlingen om häfstången utvecklade förhållandet mellan väg och kraft, som vid alla hydrauliska maskiner utgör en grundlag. Genom lämpligt afpassade dimensioner hos pumpkolfven och stämpeln kan man erhålla hydrauliska pressar af en nära nog obegränsad effekt. Vid upplyftning af rören till Britanniabron användes en hydraulisk press, deri trycket uppdrefs till 430 atmosferer, och belastningen på stämpeln uppgick till mer än 2 000 000 skålpund. En vanlig företeelse vid hydrauliska pressar, som hårdt ansträngas, är, att vattnet uttränger midt igenom den flera tum tjocka jerncylindern.

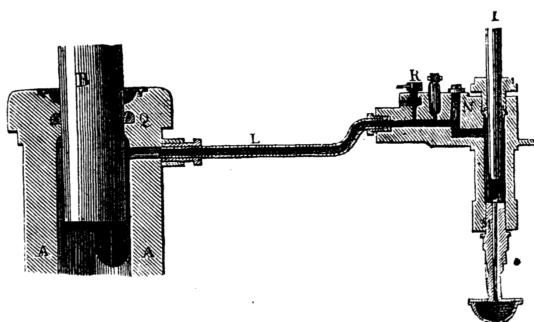


Fig. 192. Genomskärning af den hydrauliska pressen.

De båda afbildningarna i fig. 191 och 192 visa oss den hydrauliska pressen dels i elevation, dels i genomskärning af hans vigtigaste delar. Hans arbete består deruti, att medelst den lilla tryckkolfven *I* vatten eller olja pumpas i en metallcylinder *A*, hvarigenom den deri befintliga större kolfven *B* långsamt uppdrifves. I pumpstöfveln, hvari kolfven *I* rör sig, finnas, liksom i hvarje förening af sug- och tryckpump, två ventiler. Den öfver sugröret *M* belägna öppnar sig inåt, då kolfven uppgår; den andra, *N*, vid förbindningsröret *L* öppnar sig utåt, då kolfven nedgår och inpressar det uppsugna vattnet. Trycket inuti cylindern *A* tillsluter honom, så snart sugningen vid kolfvens uppgående åter börjar. På öfre ändan af stämpeln *B* befinner sig den ena pressplattan, den andra är ofvanför fäst mellan starka pelare. Fig. 192 visar oss, att båda kolfvarna äro s. k. plungerkolfvar. Deras nedre del nedgår alltså fritt i vätskan, och det är följaktligen af ingen betydenhet, att vattenstrålen ej inmynnar under den större kolfven, utan kommer från sidan.

Då tryckkolfven *I* blott har en obetydlig diameter (1—2 tum), följer deraf, att vid hvarje kolfslag blott en obetydlig mängd vatten tryckes in i den större cylindern. Vore anslutningen mellan denna och hans kolf ej fullkomligt tät, kunde lätt lika mycket vatten, som inpumpas, utgå ofvantill; presscylinderns packning sker derför på följande sätt. I cylinderns hals är rundt omkring en inskärning, i hvilken den s. k. manschetten ligger, ett stycke af läder eller guttaperka, som har formen af en platt ring *Q* (fig. 192), hvars kanter äro böjda nedåt. Denna packning omsluter sålunda hela periferin af kolfven *A*. Då nu cylindern pumpas full med vatten, intränger detta i ringen och utpressar honom dels mot den nämda inskärningen, dels mot kolfven.

Deraf följer, att ju mer vattentrycket ökas, desto starkare tryckes lädret mot kolfven, och genom detta enkla medel hindras vattnets bortgående. Trycket kan slutligen äfven stegras derigenom, att den axel, kring hvilken häfstången vrider sig, framflyttas närmare pumpen, så att den häfstångsarm, hvarpå lasten verkar, förkortas till hälften, under det kraftens blir oförändrad, och man kan nu med samma kraft åstadkomma dubbelt så stort tryck. Genom lämpliga anordningar kan trycket uppdrifvas till hvilket belopp som helst, och iakttager man ej nödig försigtighet, råkar maskinen lätt i fara att sprängas. För att förekomma detta anbringas mellan pumpen och cylindern (i fig. 192 mellan *N* och *R*) en säkerhetsventil. Stiger trycket till en för apparatens säkerhet vådlig höjd, öppnar sig ventilen och vattnet utströmmar. Dessutom finnes vanligen ännu en ventil, *R*, för att utsläppa vattnet under presskolfven, då trycket skall upphöra. Öppnar man detta utlopp, nedsjunker kolfven *B* med sin last, och vattnet rinner tillbaka i behållaren under pumpen.

På det att sand och dylikt ej må intränga i maskinen och skada hans finare delar, måste man sörja för, att det uppsugna vattnet är rent, för hvilket ändamål man låter det gå igenom ett fint durkslag under pumpen.

Den hydrauliska pressens kraft kan lätt beräknas. Om t. ex. på häfstångens handtag verkar en kraft af 100 skålpund, häfstångens längd är 3 fot

och kolfstångens afstånd från stödjepunkten 3 tum, uppgår den på den senare verkande kraften till 900 skålpund. Om nu den större kolfvens genomskärning är 400 gånger så stor som den mindres, utöfvar pressen ett tryck af 360 000 skålpund. För åtskilliga ändamål, t. ex. rörsaftens utpressning i sockerfabriker, erfordras ett särdeles högt tryck, och så väl härför som för att utföra arbetet hastigare drifves den mindre pumpkolfven, icke af handkraft, utan af en ångmaskin.



Ljuset.

De gamlas åsigter derom. — Kepler. — Descartes. — Huyghens. — Newton. — Undulations- och emanationsteorierna. — Ljuset utgöres af vibrationer. — Fortplantning. — Cassinis och Römers hastighetsmätningar medelst förmörkelsen af Jupiters månar. — Aberration. — Bradley. — Fizeaus metod. — Ljusstyrkans minskning med afståndet. — Rumfords fotometer. — Polariseradt och vanligt ljus. — Polarisationens användning vid sockertillverkningen.

Ljus och värme, de skänker, hvarigenom solen framkallar, befordrar och utvecklar lif, äro grundvilkoren för all organisk tillvaro, och om värmet betecknar kraften, betecknar ljuset deremot anden och förståndet. Näringsmedlen gifva vår kropp värme och våra muskler spänstighet, men vi

skulle förblifva hjelplösa varelser, om vi ej egde något organ för ljuset, ingen förmåga att uppfatta bilder från den yttre verlden. Ögat riktar oss med erfarenheter, som vi ej kunna inhemta med något af våra öfriga sinnen. Derför äro i alla språk ljus och klarhet, vishet och upplysning nära beslägtade begrepp. Om vi å ena sidan betrakta de af ljuset betingade naturfenomenen och å den andra de deraf gjorda tillämpningarna, de optiska instrumenten samt metoderna för olika vetenskapliga och praktiska ändamål, och sedermera jemföra dem med värmets fenomen och de derpå grundade apparater och maskiner, finna vi lätt den väsentliga skilnad, som för oss betecknar ljusets finare natur. Man bör derför ej förvåna sig öfver, om uppfattningen af ljusets natur erfordrat årtusenden, innan hon kunnat vinna klarhet och närma sig sanningen.

Redan de gamla hade sökt bilda sig begrepp om ljusets beskaffenhet, men filosoferna befunno sig med sina åsigter i detta ämne på irrvägar. Analogt med de öfriga kroppsliga förnimmelserna tänkte man sig seendet som ett slags känselintryck, så att från ögat skulle utgå fina känselverktyg, hvilka, när de träffade framför varande föremål, deraf mottogo intryck. Ljuset skulle således, såsom det ännu heter i den Euklides tillskrifna optiken, utgå, ej från den betraktade kroppen, utan från ögat. »Formen af våra ögon», heter det i ett verk af Heliodoros från Larissa, »som ej äro ihåliga, ej heller likna våra öfriga sinnen, bevisar, att det är från dem ljuset utströmmar.» Ögat måste vara formadt som en mottagande hand, menade man, om det skulle kunna upptaga något utifrån kommande; men då detta ej är fallet och då ögonen äro mycket glänsande och många menniskor och djur troddes kunna se till och med i mörkret, lemnade man beredvilligt rum för en åsigt, som först gifvit vika för en strängare undersökning.

Platon insåg det otillfredsställande i denna teori, men förmådde ej fullständigt frigöra sig derifrån. Han trodde, att orsaken till seendet utginge ej blott från ögat, utan äfven från det föremål, det betraktar, och att sammanstötningen af de båda strålarna framkallade ljusintrycket. Det var först Aristoteles, som förkastade detta länge hysta föreställningssätt, hvilket jemförde ögat med en lykta. Enligt honom uppkommer ljuset genom rörelse af ett genomskinligt ämne mellan ögat och föremålet. Det är denna åsigt, som sedan gjort sig gällande och nu är allmänt antagen, man kan säga bevisad nära nog lika säkert som en matematisk sats.

Att ljuset utgår från de synbara kropparna, antogs under medeltiden af filosoferna som en obestridlig sanning. Men af alla dem, som sysselsatt sig med de problem, hvilka ha afseende på ljuset och de optiska fenomenen, försökte ingen matematiskt behandla ämnet, förr än Kepler vågade detta djerfva steg. Denne store man, hvilken för astronomin verkat så ofantligt mycket, kan äfven räknas bland optikens grundläggare. Han uttalade sig visserligen ej med bestämdhet om ljusets natur, men detta hindrade honom dock ej att qvantitativt bestämma de fysikaliska lagarna för ljusstyrkans aftagande, för brytningen och speglingen o. s. v. Derigenom inledde han den långa följd

af forskningar öfver ljusets egenskaper, som slutligen skulle föra till de märkvärdiga upptäckter rörande orsakerna till ljusets uppkomst, fortplantning och verkningar, hvilka blifvit den nyaste tiden förbehållna.

Till en början var det ljusets brytning, som åter stälde frågan om ljusets inre natur i förgrunden. Vi kunna här ej inlåta oss på en närmare undersökning och måste nöja oss med att nämna, att Descartes genom spegglingsfenomenet föranleddes att betrakta ljusstrålarna som bestående af små materiela delar, jemförande dem med kastade kulor, hvilka, träffande en orubblig kropps yta, derifrån återstudsa i lika stor vinkel mot ytan, som en infallande kulas riktning bildar med denna. För att med antagandet af sådana materiela ljusstrålar förlika ljusets brytning, d. v. s. dess riktningsförändring vid öfvergången från ett ämne till ett annat, t. ex. från luft till vatten eller glas, måste man förutsätta, att ljuset rör sig hastigare i ett tätare ämne (vatten, glas) än i ett mindre tätt (luft). Fermat bestred detta, påstående, att tätare ämnen böra utöfva ett större motstånd mot ljusets rörelse än de tunnare, och tog sin tillflykt till en särskild naturprincip för att förklara brytningen. Härigenom uppstod för första gången den vigtiga frågan om ljusets hastighet. Är denna verkligen större i tätare än i tunnare ämnen, kunde brytningsfenomenet hos ljuset förklaras genom antagande af tillvaron af små, från den lysande kroppen utgående ljuskulor. Man benämner denna åsigt emanations- eller emissionsteorin. Är hastigheten deremot mindre i vattnet och glaset än i luften, strider en dylik förklaring mot erfarenheten och måste förkastas.

Vi äro öfvertygade, att bland läsarna af detta verk ej gifves någon, som betraktar den möda och ansträngning, stora andar nedlagt på lösningen af så höga frågor som dem, hvarom vi nu tala, som gagnlösa spetsfundigheter. Men till och med den, som uppfattar den höga ståndpunkt, hvarpå vår tids kultur befinner sig och känner sig vara en son af en tid, som i så många hänseenden står öfver alla förflutna tidsåldrar, riktar sällan tacksamhetens blick nog långt tillbaka. Den stora mängden berömmer frukthandlarna, men glömmer dem, som planterade träden. I ett verk sådant som detta, hvilket har till ändamål att göra uppfattningen af kulturens värde allmän, är det på sin plats att fästa uppmärksamheten vid dem, som jemnade marken och lade grunden, som nu döljes af den praktfulla bygnaden, ja, till och med på dem, som, ofta förgäfves forskande, åtminstone utvisade, hvilken mark, som ej låter använda sig.

Kort efter Descartes uppträdde Hooke (1665) och lärde, att ljuset består af vibrationer eller dallringar, men det var först Huyghens, som ur denna tanke utvecklade en fullständig teori.

Huyghens' undulations- eller vibrationsteori. Om vi kasta en sten i en lugn vattenyta, se vi från den punkt, der stenen träffar ytan, regelbundna vågringar utbreda sig åt alla sidor, tills de, försvagade med det växande afståndet, slutligen försvinna. När en ring rör sig utåt, följer honom en annan, och i ständig omvexling se vi samma delar af vattenytan än höja sig till små berg,

än nedsjunka till små dalar. Vattnet flyttar sig dervid ej sjelft framåt; vi kunna iakttaga detta, om vi kasta ett litet trästycke deri. Det beskrifver blott små cirkelformiga eller ovala banor. Genom de olika delarnas rörelser uppkomma vågorna, hvilka först försvinna, när de små vattenpartiklarna genom friktionen förlorat sin hastighet.

Vågen är således endast ett rörelsetillstånd. Hon fortplantar sig i räta linier, fastän hon har formen af en cirkel eller; strängt taget, af sferiska ytor, ty rörelsen meddelas äfven den öfver vattnet varande luften och vattenmassan under ytan. Men i den sistnämda upphör hon snart i följd af det stora motståndet; i den förra är hon omärkbar för vårt öga. Vattenvågorna vid ytan kunna vi deremot iakttaga med känseln. Den, som någon gång legat vid hafsstranden och låtit de salta vågorna öfverspola sig, vet detta mycket väl. Luftvågor, hvilka bestå i en hos luften ömsevis pågående förtätning och förtunning, blifva först märkbara för oss, när de följa hvarandra hastigt och regelbundet; de framkalla dallringar i vårt öras trumhinna och uppväcka derigenom intrycket af ljud.



Fig. 194. Christiaan Huyghens.

Liksom orsaken till ljudet endast är en retning hos våra nerver genom rörelser, lika så är, säger Huyghens, orsaken till intrycket af ljus ej heller någonting annat än vågrörelsen hos ett särskildt, ofantligt fint, i hela verldsrymden utbredt ämne (ljusetern), hvilket är omärkbart för vår känsel, emedan det måste vara så tunt, att dess partiklar kunna röra sig mellan atomerna i genomskinliga kroppar, t. ex. glas och diamant, och föra ljusvågorna igenom dessa. När ljusvågorna träffa vårt öga, framkalla de det intryck, som kallas seende, på samma sätt som de i luften framgående ljudvågorna verka på hörselorganet.

Det skulle blifva för vidlyftigt att här undersöka, genom hvilken kraft en lysande kropp uppväcker vibrationer hos etern; det är tillräckligt att antaga, att hans minsta delar befinna sig i ett tillstånd af den lifligaste dallring och meddela denna oscillerande rörelse åt närgränsande eterpartiklar, hvilka åter i sin ordning fortplanta henne, liksom en spänd sträng, när han befrias från stråken, börjar svänga fram och tillbaka, derigenom i den framför strängen varande luften ömsevis framkallande förtätningar och förtunningar, hvilka fortplanta sig till vårt öra och bringa hörselnerven i verksamhet.

Om ljuseterns elasticitet är åt alla sidor ohämmad, utbreda sig ljusvågorna från en lysande punkt likformigt åt alla sidor, och den framgående vågen utgör en sferisk yta omkring den lysande punkten. Är åter elasticiteten i skilda riktningar icke lika, blir vågformen ej sferisk, utan efter omständigheterna olika. Detta är händelsen vid ljusets gång genom kristaller, som ej tillhöra det s. k. reguliera systemet. I de flesta kristaller, t. ex. kalkspat, bergkristall, turmalin m. fl., är eterns elasticitet olika i olika riktningar, och derigenom framkallas en mängd märkvärdiga företeelser, hvilka på det otvetydigaste visa riktigheten af Huyghens' undulationsteori.

Newton och emanationsteorin. Det är förvånande, att Newton, hvars utomordentliga snille kommit så många naturens hemligheter på spåren, ej fullständigt anslöt sig till undulationsteorin, som efter vår tids uppfattning är så enkel och så otvunget förklarar ljusets fenomen. Visserligen framgår ur hans skrifter, att han ej, såsom många påstå, afgjordt förklarat sig emot denna teori, fast mera kunna enskilda anmärkningar tydas som gillande af den samma. Men till ett verkligt antagande deraf kom han icke. Ej heller kan han anses ha fullständigt omfattat emanationsteorin, hvars uppkomst, enligt hvad vi antydt, ligger vida längre tillbaka. Liksom Kepler, syselsatte han sig föga med frågan, hvad ljuset är, men så mycket mera med undersökningen af de deraf framkallade fenomenen, äfvensom med den matematiska behandlingen af dessa.

För vår tids fysik är det en afgjord sak, att ljuset, såsom redan Huyghens lärde, uppkommer genom vibrationer. Fresnel, Young, Cauchy, Brewster, Malus, Arago och andra ha så väl genom experimentala forskningar som genom matematiska utvecklingar på det mest öfvertygande sätt ådagalagt detta och dermed visat möjligheten af ett samband mellan de fysiska krafterna och af dessas förvandlingar i öfverensstämmelse med den sedermera i den nyaste tiden uppstälda principen om naturkrafternas vexelverkan. De fysiologiska ljusfenomenen, hvilkas lagar genom Helmholtz' forskningar blifvit så noga undersökta, bekräfta på det fullkomligaste systervetenskapernas resultat, och satsen om ljusets utbredning medelst vågor kan nu betraktas som orubbligt fastställd.

Ljusets fortplantning. Att ljuset fortplantas efter räta linier och åt alla sidor är lätt att iakttaga. Man behöfver blott i linien mellan ögat och en lysande punkt anbringa en ogenomskinlig kropp, för att ljusintrycket ögonblickligt skall försvinna. På detta sätt uppkommer en konisk, fullkomligt mörk skugga, hvars gräns bildas af strålar, hvilka gå från den lysande punkten, tangerande den ogenomskinliga kroppens yta. Om ljuskällan icke är en punkt, utan ett lysande föremål, utgå från hvarje punkt deraf ljusstrålar och en särskild skugga uppkommer för hvar och en af punkterna. Men då, på sätt fig. 195 antyder, många af dessa skuggor upplysas af andra punkter, uppkommer, utom den fullständiga eller s. k. helskuggan, äfven en ofullstän-

dig skugga, den s. k. halfskuggan. Fig. 195 visar tydligt, huru ett lysande föremål kan ur en ogenomskinlig kropp framkalla antingen en begränsad eller obegränsad helskugga, men att halfskuggan alltid är obegränsad.

Att ljuset för genomlöpande af sin väg behöfver en viss tid, följer lika väl af undulations- som af emanationsteorin. Det är, såsom redan förut blifvit antydt, af stort intresse att bestämma ljusets hastighet i olika genomskinliga kroppar. Men detta är förenadt med stora svårigheter. Af alla rörelser vid jordytan gifves det ingen, hvars hastighet kan gifva oss en ide om ljusets. För bestämmande af denna hastighet måste man använda alldeles egendomliga mätningsmetoder.

Mätning af ljusets hastighet. Den förste, som verkstälde en sådan mätning, var den danske astronomen Olaus Römer. Han gjorde det genom observationer å förmörkelser af Jupiters månar. Planeten Jupiter är omgifven af fyra månar. Den af dem, som är närmast planeten, har en omloppstid af 42

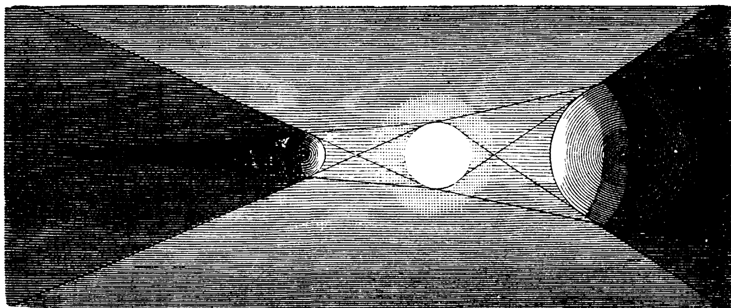


Fig. 195. Helskugga och halfskugga.

timmar, 28 minuter och 42 sekunder, och hans bana ligger i samma plan som planetens, så att han en gång under hvarje omlopp måste inträda i skuggan och förmörkas. Men tiden mellan två sådana förmörkelser är ej alltid lika. Om jorden rör sig i riktning mot Jupiter, inträffar förmörkelsen 14 sekunder tidigare; aflägsna sig deremot båda planeterna från hvarandra, fördröjes förmörkelsen 14 sekunder. Den berömde astronomen Cassini sökte förklara denna omständighet med det antagandet, att ljuset behöfver någon tid för att från Jupiters måne hinna jorden. Emedan den sistnämda vid planeternas närmande på $42\frac{1}{2}$ timmar nalkats Jupiter med 590 000 geografiska mil, är ljusets bana förkortad med ett lika stort afstånd. Vid planeternas rörelse i motsatta riktningar har ljuset vid förmörkelsens inträdande att tillryggalägga ett 590 000 mil längre afstånd. Cassini öfvergaf denna tanke, då han ej fann de deraf härledda resultaten bekräftade af observationerna. Men Römer upptog å nyo frågan och lyckades genom noggrannare och talrikare iakttagelser ådagalägga, att en öfverensstämmelse mellan teorin och erfarenheten i detta fall verkligen eger rum, och han bevisade på det mest öfvertygande sätt läran om ljusets

successiva fortplantningssätt, till och med mot Cassini sjelf, som öfvergifvit sin förra åsigt. Äran af denna vackra upptäckt tillkommer derför med rätta Römer.

Om ljuset, såsom Römer fann, behöfver 14 sekunder för att tillryggalägga 590 000 mil, måste dess väg på en sekund eller dess hastighet vara omkring 42 000 geografiska eller 28 000 svenska mil. Den engelske astronomen Bradley bekräftade år 1729 Römers mätning genom upptäckten af de små, skenbara årliga rörelser, som fixstjernorna ega (ljusets aberration). Men så väl Bradleys som Römers undersökningar äro astronomiska. Det var först långt senare, som det lyckades två franska fysiker, Fizeau och Foucault, att genom verkliga fysikaliska bestämningar utröna ljusets hastighet på de jemförelsevis korta afstånd, som en ljusstråle kan tillryggalägga vid jordytan. Vi skola här i korthet antyda det sinnrika förfarande, hvarigenom den förstnämde vetenskapsmannen löste detta svåra problem.

Fizeaus metod. Om vi tänka oss de fyra vingarna, 1, 2, 3, 4, till en väderqvarn precis lika breda som de deremellan liggande tomrummen och antaga, att qvarnaxeln behöfver 8 sekunder för ett helt hvarf, kommer en fast punkt, hvilken som helst, mellan vingarna att en sekund betäckas af dessa och en sekund derefter frigöras, sedan under en sekund å nyo betäckas o. s. v. Om man nu mellan vingarna 1 och 2 genom denna punkt kastar en boll mot en vägg i sådan riktning, att bollen återstudsar i samma linie, som han framgått, kommer bollen tillbaka mellan vingarna 1 och 2, så framt dessa endast vridit sig en liten vinkel under den tid, bollen behöfver för sin fram- och återgående rörelse. Men om vingarna vridit sig en större vinkel under denna tid, kan det inträffa, att bollen ej mera kommer fram mellan 1 och 2, utan antingen slår emot vingarna, eller ock kommer tillbaka genom något af de öfriga mellanrummen. Om bollen behöfde t. ex. $^1/_2$ sekund för att gå från mellanrummet till väggen och lika lång tid för återvägen, har qvarnaxeln under tiden vridit sig $^1/_8$ hvarf och bollen träffar på återvägen icke det öppna rummet mellan 1 och 2, utan i stället vingen 2, hvarigenom hans tillbakagående rörelse hindras. Är deremot bollens hastighet endast hälften så stor, så att han till i fråga varande väg behöfver 2 sekunder, kommer han visserligen fram mellan vingarna, men nu icke mellan 1 och 2, utan mellan 2 och 3. Man kan lätt fatta, huru man härigenom skulle kunna sluta till bollens hastighet, då man känner vingarnas afstånd från väggen och den hastighet, hvarmed de kringlöpa.

På fullkomligt samma princip hvilar nu Fizeaus apparat, men han måste uppenbarligen vara konstruerad med ojemförligt större finhet. Fig. 196 visar, huru han är anordnad. Han består af två delar, I och II, uppstälda på omkring 28 000 fots afstånd ifrån hvarandra. *O* och *O'* äro två kikare, som äro noggrant riktade mot hvarandra. *A* är en starkt lysande lampa, *B* en lutande, fint polerad, plan glasskifva, *C* ett hjul, som på sin omkrets är försedt med ett stort antal lika långt från hvarandra varande inskärningar, hvilka

äro lika breda som de qvarstående kuggarna. Hjulet kan vridas mycket hastigt kring axeln; antalet hvarf kan iakttagas medelst ett urverk. På den andra stationen är en spegel *D* uppstäld på det sätt, att han återkastar de från apparaten *I* kommande ljusstrålarna i samma linie, som de infallit.

De från lampan utgående ljusstrålarna komma till en del att återkastas från glasskifvan *B* i riktning mot spegeln *D*; en annan del genomsläppes af den genomskinliga skifvan. Strålarna träffa spegeln *D*, återkastas af denna, återkomma till *B* samt genomgå till en del denna skifva, så att observatorn i *O'* kan se ljuset från lampan, sedan strålarna gått dubbla vägen mellan *I* och *II*. När hjulet *C* står stilla eller endast långsamt kringvrides, träffa de från *D* återvändande ljusstrålarna samma inskärningar på hjulet, genom hvilka de framgått; men om hjulets rotation är mycket hastig, kan det inträffa, att strålarna på återvägen träffa en kugge mellan två inskärningar eller ett annat mellanrum än det, genom hvilket de ursprungligen framkom-

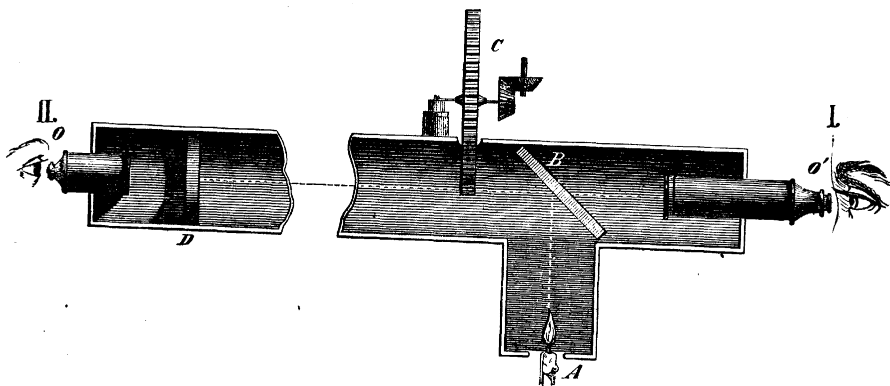


Fig. 196 Fizeaus apparat att mäta ljusets fortplantningshastighet.

mit. Förhållandet härvid är fullkomligt analogt med det, som eger rum, då bollen kastas mellan väderqvarnsvingarna. Om rotationshastigheten hos hjulet är så stor, att detta under den tid, ljuset behöfver för att gå fram och åter afståndet mellan *I* och *II*, hinner vrida sig jemt en kugges bredd, träffa strålarna på en kugge och komma ej fram till *O'*. Kikarens synfält blir då förmörkadt. Vrides hjulet något hastigare, framkommer en del af ljusstrålarna genom nästa inskärning. Är rotationshastigheten dubbelt så stor som förut, uppkommer åter maximum af ljusstyrka, emedan alla de strålar, som gingo genom ett mellanrum, nu framkomma genom det nästa. Vid tredubbla hastigheten blir synfältet mörkt, vid den fyrdubbla ljust o. s. v.

Det hjul, Fizeau använde, hade 720 inskärningar, så att bredden af kuggarna och dessas mellanrum utgjorde $^1/_{1440}$ af cirkelns omkrets. Den första förmörkelsen inträffade, då hjulet gjorde 12,6 hvarf i sekunden; när hjulet gjorde 25,2 hvarf i sekunden, var synfältet åter fullständigt ljust o. s. v. Man kan deraf finna, att ljuset behöfver nära $^1/_{18000}$ sekund för att tillrygga-

lägga dubbla afståndet mellan speglarna. Deraf beräknas ljusets hastighet till omkring 28 000 svenska mil, hvilket öfverensstämmer med de af Römer och Bradley funna värdena*).

Foucault har sedermera på helt annat sätt löst problemet om bestämmande af ljusets hastighet och detta medelst en i ett rum innesluten apparat, hvarigenom det blef möjligt att bestämma hastigheten icke blott i luften, utan äfven i andra ämnen, t. ex. vatten. Det visade sig härvid, att i öfverensstämmelse med undulationsteorin ljuset fortplantas långsammare i vattnet än i luften, så att hastigheten i det förra ämnet blott är omkring $^{3}/_{4}$ mot den i det senare.

Ljuset behöfver omkring 8 minuter för att komma från solen till jorden och flera år för att tillryggalägga det ofantliga afståndet från fixstjernorna till vår planet. När vi betrakta det stjernbeströdda himlahvalfvet, visar det sig för oss icke sådant det för ögonblicket är, utan sådant det för kortare eller längre tid sedan var. En stjerna kunde plötsligt försvinna, och ännu efter år skulle vi kunna iakttaga hennes strålar; ljuset från henne skulle sväfva genom de ofantliga rymderna och qvarhålla hennes bild på firmamentet, tills den sista vågen fullgjort sina svängningar.

Intensitet. Emedan ljuset fortplantar sig åt alla sidor, måste dess intensitet försvagas, allt efter som qvadraten på afståndet från ljuskällan ökas. En lampa frambringar på 6 fots afstånd blott en fjerdedel af den belysning, som hon meddelar på 3 fots afstånd från ett föremål. Rumford har begagnat sig häraf för att jemföra olika ljuskällors styrka (fotometri). På något afstånd från de båda ljuskällorna anbragte han en tunn stång, t. ex. en grof metalltråd, och uppsökte genom ljuskällornas närmande eller aflägsnande den ställning, der de båda från stången på en framför ständ skärm fallande skuggorna blefvo lika dunkla. Afstånden från ljuskällorna till de af dem belysta skuggorna, multiplicerade med sig sjelfva, angåfvo intensiteterna. Vi återkomma till detta ämne i femte bandet vid frågan om belysningen.

Polariseradt ljus. Det enklaste sättet för ljuseterns oscillationer är, då alla de i en ljusstråle varande eterpartiklarna vibrera i samma genom strålen gående plan. Man får en föreställning om denna rörelse, om en lång lina, som är fäst i båda ändarna, anslås i en punkt. Man ser då vågor utbreda sig från denna punkt på det sätt, att linans olika delar röra sig upp och ned i samma plan och efter hvarandra beskrifva parallela banor. Man kallar sådant ljus rätlinigt polariseradt.

Det ljus, som kommer omedelbart från solen eller från någon brinnande kropp eller i allmänhet från ett sjelflysande föremål, är icke polariseradt. Eterpartiklarnas vibrationer ega der rum i alla mot strålen vinkelräta rikt-

*) De nyaste forskningarna hafva dock visat, att ljusets hastighet är något mindre, än hvad man förr antagit. Cornu har med en förbättrad apparat efter Fizeaus system funnit 298 500 kilometer eller 27 926 svenska mil som värde derför.

ningar. Men man kan derutur framställa polariseradt ljus med tillhjelp af s. k. polarisationsapparater.

Redan Bartholin hade iakttagit, att ljuset, då det genomgår vissa kalkspatskristaller, delas i två särskilda knippor af ljusstrålar, hvilka ej ega samma egenskaper som vanligt ljus. Han hade äfven iakttagit, att en sådan sönderdelning af ljuset icke alltid eger rum, och Huyghens hade faststält de förhållanden, hvaraf hon betingas. Men först långt senare, nämligen 1809, upptäckte en fransk fysiker, Malus i Paris, polarisationen, i det han tillfälligtvis märkte, huru solstrålar, som återkastades från midt emot liggande fönsterrutor, förhöllo sig alldeles på samma sätt som det genom kalkspat gångna ljuset, och sedermera närmare undersökte dessa fenomen. Nörenberg har, för att på ett enkelt sätt genom reflexion kunna iakttaga polarisationen, konstruerat en apparat, som grundar sig på den i fig. 197 förtydligade principen.

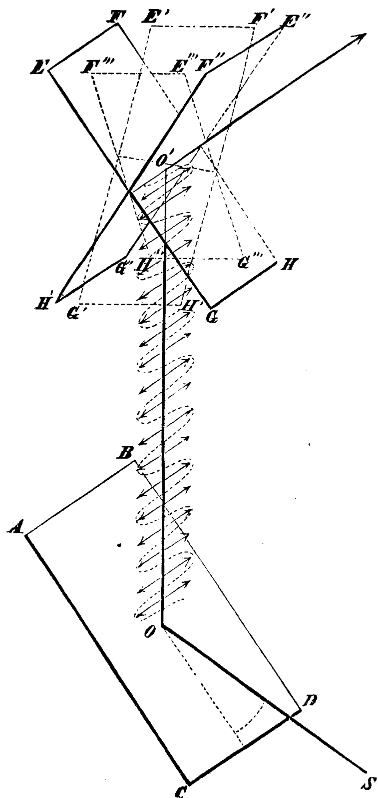


Fig. 197. Ljusets polarisation.

Ljuset blir nämligen polariseradt, om det under en viss vinkel faller på en polerad glasyta. Är $ABCD$ en genomskinlig glasskifva, på hvilken en knippa ljusstrålar SO faller under en vinkel af omkring $35\,^1/_2$ grader, genomgår en del af ljuset glaset, medan en annan del reflekteras i lika stor vinkel efter riktningen OO'. Detta reflekterade ljus är rätlinigt polariseradt, d. v. s. eterpartiklarna vibrera alla parallelt med hvarandra. Figuren antyder med prickade linier och pilar huru dessa oscillationer ega rum. Det mot dessa riktningar vinkelräta planet SOO' benämnes polarisationsplanet. Får nu det polariserade ljuset falla på en annan glasskifva $EFGH$, hvilken äfven lutar i en vinkel af $35\,^1/_2$ grader mot OO', kan man dermed undersöka denna strålens egendomliga beskaffenhet. Är nämligen denna andra glasskifva rörlig kring en axel, som just är anbragt i förlängningen af linien OO', så att hon följaktligen alltid bildar lika vinkel med denna riktning, under det att hon efter hvarandra intager de fyra hufvudställningarna $EFGH$ — $E'F'G'H'$ — $E''F''G''H''$ — och $E'''F'''G'''H'''$, skulle, om det från O till O' kommande ljuset vore vanligt eller naturligt ljus, ingen förändring af den i glasskifvan alstrade bilden uppkomma. Nu blir dock förhållandet annorlunda. Det polariserade ljuset återkastas nämligen fullständigast i de båda lägena $EFGH$ och $E''F''G''H''$, som äro parallela med vibrationerna, mindre i andra ställningar hos glasskifvan och minst i de båda

mot vibrationernas plan vinkelräta lägena $E' F' G' H'$ och $E''' F''' G''' H'''$, då det nästan fullkomligt utsläckes. I följd häraf inträffar, att då man vrider den öfre glasskifvan ur ställningen $EFGH$, aftager till en början den i skifvan alstrade bilden i ljusstyrka, tills ett fjerdedels hvarf beskrifvits, då han blir dunklast; vid ytterligare vridning blir han ljusare och ljusast efter vridning ett halft hvarf, aftager derefter i ljusstyrka, för att å nyo tilltaga, och uppnår efter ett hvarfs vridning samma klarhet, som han i början egde. Det gifves således två lägen, då ljusmaxima, och två lägen, då ljusminima inträffa. Arago, hvilken jemte Fresnel ifrigt syselsatte sig med polarisationens undersökning, upptäckte år 1811, att det polariserade ljuset vid gåendet genom vissa kristaller framkallar vackra färgfenomen. Studiet af dessa, som syselsatt flera forskare, har lemnat flera intressanta resultat och utgör nu en af optikens vigtigaste delar.

Den verkan, som en spegelyta utöfvar på en polariserad ljusstråle, bedömes efter lagen för kraftparallelogrammen. Hvar och en af de olika vibrationerna kan tänkas upplöst i två, rätvinkligt mot hvarandra stående: den ena af dem, som är vinkelrät mot ytan, utsläckes, den andra, som är parallel dermed, reflekterar. Vissa kristaller, t. ex. kalkspat, tvinga äfven en ljusstråle att dela sig i två, som vibrera i två mot hvarandra vinkelräta plan; det infallande ljuset upplöses derför i två strålknippor, hvilka båda, när de lemna kristallen, äro polariserade. Nicol har, genom att på ett egendomligt sätt dela en kalkspatskristall och derefter i ett annat läge hopsätta delarna, bildat ett prisma, hvarmed det vanliga ljuset kan på ett beqvämt sätt polariseras och som derför förträffligt lämpar sig för flera undersökningar med sådant ljus. En ganska vigtig praktisk tillämpning deraf är den, som afser bestämmandet af sockerhalten i lösningar.

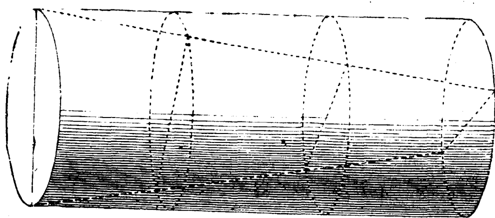


Fig. 198. Vibrationsplanets vridning.

En sockerlösning utöfvar nämligen på vibrationerna hos en derigenom gående ljusstråle ett märkvärdigt inflytande. Hon förändrar vibrationernas riktning, så att denna, allt efter som lösningen är mer eller mindre koncentrerad och det genomgångna vätskelagret mer eller mindre tjockt, vrides i motsvarande grad till höger, d. v. s. åt samma håll som visarna på ett ur. Hvilket läge vibrationernas riktningar med vätskelagrets växande tjocklek erhålla, synes af fig. 198. I ett rör af bestämd längd, å ömse sidor begränsadt af genomskinliga glasskifvor, beror afvikningsvinkeln af lösningens sockerhalt. De apparater, hvaraf man i sockerfabriker betjenar sig för att dermed pröfva sockerlösningen, utgöras vanligen af ett horisontalt metallrör, upptill försedt med en öppning för vätskans ifyllande och i båda ändarna tillslutet med genomskinliga glasskifvor. Vid bortre ändan ligger utanför glaset ett Nicols prisma, som polariserar det infallande ljuset; vid främre ändan finnes äfven

ett sådant prisma, men hvilket för det genomgångna ljusets undersökning kan kringvridas. Om nu det genom det ena prismat polariserade ljuset får gå genom en sockerlösning, kunna genom det andra prismat de nyss beskrifna ljusmaxima och ljusminima frambringas. Men då en sockerlösning finnes i röret, synas de vridna så mycket åt höger, som motsvarar vibrationsplanets afvikning, och den vridningscirkel, man måste gifva det ena prismat, på det att en viss grad af ljusstyrka skall återkomma, angifver procenthalten. Men man använder vanligen ej till utgångspunkter ljusmaxima eller ljusminima. Som vi längre fram skola finna, är det hvita ljuset sammansatt af flera olika färgade strålar. När detta ljus går genom sockerlösningen, vridas de olika vibrationsplanen olika mycket, så att rödt afviker minst, sedan gult, grönt, blått och slutligen violett mest. Vrider man då det främre prismat, blir derför synfältet icke blott ljusare och mörkare, utan äfven på olika sätt färgadt. I dessa blandade färgskiftningar visar sig en djup purpurviolett ton, så lätt igenkänlig, att den, som en gång blifvit gjord uppmärksam derpå, lätt återfinner motsvarande läge af prismat. Till detta läge hänföres sackarometerns delning, och derpå inställes instrumentet vid dess användning.



Andeuppenbarelse på scenen.

Speglar och spegelapparater.

Speglar som kulturmedel. — Antika speglar. — Reflexionslagen. — Spegelbilden och dess symmetriska läge. — Spöken på teatern. — Vinkelspegeln. — Debuskopet. — Kaleidoskopet. — Spegelsextanten. — Reflexionsgoniometern. — Heliostaten och heliotropen. — Speglingen i krökta ytor. — Konkava och konvexa speglar. — Brännpunkt och brännvidd.— Reela och virtuela bilder.

Nästan allt synbart är i ordets fulla mening en spegel, hvarutur ljusets urkälla strålar emot oss. Vårens blommor och isbergens i aftonsolen glödande toppar hafva endast lånat sitt ljus; de skulle vara osynliga för vårt öga, om de ej egde förmåga att återkasta de på dem fallande strålarna. Om ljusvågorna upptoges (absorberades) af hvar enda kropp, som de träffade, och ej återkastades, huru öde och sorglig vore ej verlden! Öfver allt djupt mörker för vårt öga, utom det ljus, som solen och fixstjernorna omedelbart sände det, eller som tillfälligt erhölles genom en blixt eller norrskenet eller en brinnande låga, och hvarigenom ljuskontrasten skulle bli så mycket starkare. Ett multnande trästycke skulle då, emedan det förmår lysa med sitt eget ljus, utöfva ett starkare intryck på oss än det skönaste menniskoanlete, ty det förra skulle vi kunna se, det sistnämda icke. Ju mindre ojemnheter en yta visar, desto fullkomligare återkastas ljuset derifrån. Vattnets af ingen storm upp-

rörda yta kallas derför äfven betecknande dess spegel. Och i sjelfva verket spegla sig solen, stjernorna, molnen och de omgifvande föremålen deri. Hon har utan tvifvel länge varit menniskans enda spegel, fastän man sedan årtusenden egt andra fullkomligare, om än kostsammare.

Spegeln är ett universelt redskap. Ehuru för hans uppfinning måste ha erfordrats en viss grad af iakttagelseförmåga, eftertanke och konstfärdighet, finner man honom i olika former öfver hela jorden samt till och med bland de minst odlade folken. Färgade glasperlor och små handspeglar äro två af de verksammaste kulturmedel bland råa naturfolk. Hvad guld och all konst ej förmå, det verka dessa fåfängan eggande föremål. De framkalla närmande, förtroende, utbyte och slutligen vana vid arbete för att skaffa medel för tillfredsställande af de växande behofven.

Å andra sidan finna vi i de gamla grekernas grafvar speglar, hvilka detta högst bildade af alla den gamla verldens kulturfolk som en skönhetens symbol lade i de aflidna qvinnornas grafvar.

De gamlas speglar voro merendels af metall; likväl fans det äfven ganska tidigt sådana af glas, hvilka kommo från det genom sin glastillverkning berömda Sidon, under det att metallspeglarna erhöllos från Brundusium (Brindisi). Metallspeglarna förfärdigades vanligen af en blandning af koppar och tenn. Plinius omnämner äfven silfverspeglar, och det anmärkes, att Praxiteles tillverkat dylika. Under romarväldets yppigaste tid hade väl äfven en och annan speglar af guld. Nero skall hafva egt en spegel af smaragd, men det är anledning förmoda, att ädelstenen icke egentligen var en spegel, utan snarare slipad som ett genomskinligt glas, liksom våra glasögon, ty Nero betjenade sig deraf för att betrakta gladiatorsstriderna på arenan. Bergkristall, obsidian m. fl. mineral begagnades äfven till speglar.

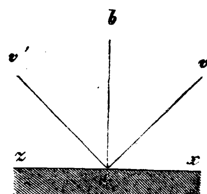


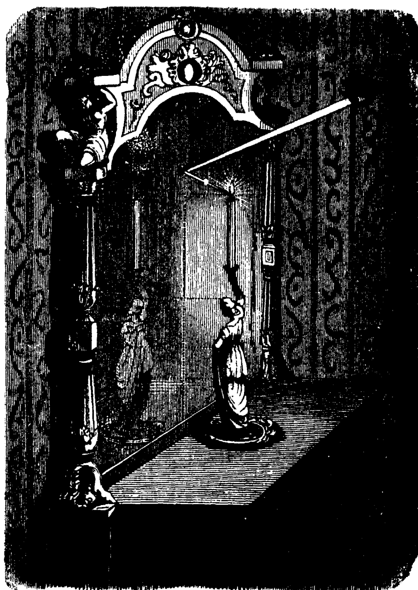
Fig. 200. Ljusets reflexion.

De antika speglarna äro vanligen små, runda eller ovala med ett handtag. Likväl egde qvinnorna äfven stora speglar, i hvilka de kunde skåda hela sin figur, och de rika hade särskilda slafvar, hvilkas åliggande var att hålla spegeln, medan han användes. Man kände äfven i forntiden de buggiga speglarna, så väl de konvexa som de konkava, och begagnade sig deraf. Men innan vi gå vidare i beskrifningen af speglarna, måste vi först göra oss reda för ljusets återkastning.

Ljusets reflexion. Hvarje kropp reflekterar eller återkastar ljus i större eller mindre grad; minst är detta fallet med gaserna, af hvilka många derför under vanliga förhållanden äro osynliga. Om vi låta en ljusstråle falla på en väl polerad yta (fig. 200), en s. k. plan spegel, återkastas han på det sätt, att vinkeln, under hvilken han bortgår från spegeln, är jemnt lika stor med den vinkel, hvarunder han träffar denna (anfallsvinkeln *vcb* lika stor med reflexionsvinkeln *v'cb*), hvarjemte de infallande och återkastade strålarna innehållas i ett plan, som står vinkelrätt mot spegelytan. Om man tillsluter fönst-

ret i ett rum med en lucka och blott qvarlemnar en helt liten öppning, hvarigenom solstrålarna infalla, och sedan uppfångar dessa med en spegel, kan man på det ögonskenligaste öfvertyga sig om riktigheten af dessa lagar.

Då vi med vårt öga uppfånga den återkastade strålen, mottaga vi ljusintrycket och se i riktningen af den i vårt öga fallande strålen bilden af den ljusstrålande kroppen. Det ställe, der bilden synes vara, vexlar icke, om också ögat flyttas i olika ställningar. Man finner detta lätt, då man undersöker riktningarna af de återkastade strålarna för ögats olika ställningar; alla synas komma från en punkt, som ligger bakom spegelytan i förlängningen af den från det lysande föremålet dragna, mot nämda yta vinkelräta linien, på lika afstånd bakom ytan som det, hvarpå föremålet är beläget framför henne. Fig. 201 åskådliggör detta och antyder äfven, att spegeln måste visa bilden omvänd, ett förhållande, hvaraf träsnidare, kopparstickare, litografer m. fl. vid sina arbeten begagna sig.


Fig. 201. Bilden i plana speglar.

Våra speglar förfärdigas vanligen af glas och förses på baksidan med ett jemnt metallskikt, amalgam, för att göra dem ogenomskinliga. Konsten att gjuta glaset i större skifvor uppfans år 1688 i Frankrike af Abraham Thevart; men Raimundus Lullus har redan mot slutet af det 13:e århundradet beskrifvit ett förfaringssätt, hvarigenom man kan förvandla glas till en spegel medelst underlagdt bly.

Andeuppenbarelser på scenen. Fastän ogenomskinliga kroppar bäst återkasta ljuset, gifves det likväl ett och annat fall, då det är önskligt, att den speglande ytan är genomskinlig. Spegeln till Fizeaus apparat för bestämmande af ljusets hastighet erbjuder ett sådant fall, och ett annat har nyligen på flera teatrar förekommit. Sätten att framställa andeuppenbarelser hafva genom denna temligen enkla spegelapparat erhållit en betydande tillökning. Det är icke osannolikt, att redan de gamla trollkarlarna begagnade liknande spegelinrättningar vid sina andebesvärjelser. Men i större skala och offentligt blef iden först för några år sedan utförd af den engelske fysikern Pepper, hvilken genom den s. k. Pepper ghost en följd af aftnar i Londons Polyteknikum försatte en stor åskådarmassa i rysning och äfven förskaffade sina patenterade andar inträde på scenen.

Låtom oss nu antaga, att vi befinna oss i salongen till en större teater. Man ger ett stycke, hvars upplösning väsentligt beror på en andes framträdande.

Katastrofen är nära. Ljusen brinna allt mattare, salongen är temligen mörk, skådeplatsen sjelf mycket svagt upplyst, vi ana, att det ögonblick är inne, då något utomordentligt skall tilldraga sig. Då framblixtrar på en punkt af skådeplatsen ett klart sken, det blir allt tydligare samt utvecklar småningom synbara konturer, hvilka antaga allt större bestämdhet: en obeskriflig gestalt står plötsligt framför tragedins med häpnad slagne hjelte. Han igenkänner deri en för länge sedan afliden, och likväl är det ingen kropp, endast luft; vålnaden talar med ihålig stämma; han rör sig, och rörelserna hindras ej af något föremål; han går fram genom träd och buskar, utan att ett blad rubbas; han låter hjeltens arm, som söker omfatta honom, gripa i luften; han gör intet motstånd mot den genomborrande värjan. Slutligen försvinner han för våra ögon lika plötsligt och hemlighetsfullt, som han kommit. En sådan fram-

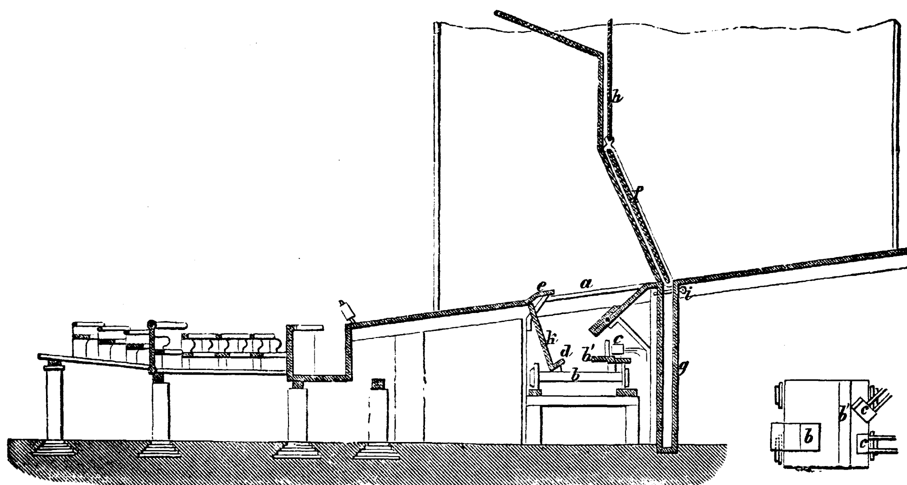


Fig. 202, 203. Apparat för framställande af andeuppenbarelser på scenen.

ställning kan ej undgå att göra ett starkt intryck på åskådaren, äfven om han känner de naturlagar, som frambringa företeelsen. Vi skola nu förklara, huru denna uppkommer.

Teatern har utom den vanliga skådeplatsen äfven en annan, något djupare belägen. På denna scen uppträder den skådespelare, som utför andens rol, och han är derför dold för åskådarna genom någon anordning af buskar eller andra föremål. Det väsentligaste af hela inrättningen utgöres af en stor glasvägg, som är något lutad mot åskådarplatsen och så uppstäld, att den dolda scenen ligger emellan väggen och åskådarna. Fig. 202 och 203 lemna en tydlig föreställning om apparatens beskaffenhet. Öppningen *a*, som för till den dolda skådeplatsen *b*, kan tillslutas medelst luckor, så att skådespelarna, när anden ej skall medverka, kunna obehindradt röra sig på den egentliga scenen; *f* är glasväggen, hvars kanter eller sammanfogningsställen medelst ramar, girlander eller på något annat sätt äro gömda. Denna vägg verkar som en spegel, visserligen ej med hela den skärpa och tydlighet, som en på

baksidan med tennfolium belagd glasskifva skulle gifva bilderna, men detta är här ej heller behöfligt. Derigenom, att hon är fullständigt genomskinlig och låter tydligt se de bakom varande föremålen, blir hon ej märkbar för åskådarna, och dessa ana ej orsaken till den bild, de se. Vi kunna ju också spegla oss i en klar fönsterruta och likväl tydligt se allt der bakom, blott glaset har en mörk bakgrund.

För att det åsyftade ändamålet skall vinnas, bör den öfre scenen under tilldragelsen förmörkas. Andens rol framställes från den undre scenen *b*. Här finnes en vägg *k*, mot hvilken den efter rolen klädde skådespelaren kan stödja sig. Hela det undre rummet är beklädt med svart sammet. Den i glaset uppkommande bilden af skådespelaren blir derför ganska tydlig, så snart dess belysning är stark. Sedd från salongen, synes bilden befinna sig bakom den osynliga glasskifvan. Den skådespelare, för hvilken anden skall uppenbara sig och hvilken bör befinna sig bakom glaset *f*, måste noga känna den punkt, der bilden synes vara, men han kan ej sjelf se det minsta deraf. Väggen *k* är ställd noggrant parallelt med spegeln, på det att bilden må synas upprättstående. Spegelglaset *f* är anbragt i en rörlig ram, som man genom skrufvar eller linor *h* och *i* kan inställa i den riktiga lutningen. Inställningen sker antingen under en mellanakt eller under öppen scen, då publikens uppmärksamhet är dragen åt annat håll. Emedan den skådespelare, som utför andens rol, i sitt gömställe måste intaga en lutande ställning, som skulle försvåra hvarje rörelse, är väggen *k* gjord flyttbar, liksom en vagn, på rullar och skenor. Ljuskällan *c* (fig. 203) rör sig tillika med vagnen, om hon ej är inriktad så, att hon upplyser hela det nedre rummet, inom hvilket skådespelaren rör sig. Denna ljuskälla kan antingen vara elektriskt ljus eller hydrooxygengasljus.

Kaleidoskopet. De från en spegel återkastade ljusstrålarna kunna å nyo reflekteras från en andra spegel, och de följa dervid samma lag som vid den första reflexionen. Det är bekant, att om man står emellan två speglar, ser man sin bild flera gånger upprepad uti dessa. Två dylika mot hvarandra lutande speglar benämnas vinkelspeglar. De ha gifvit upphof till några vackra och nyttiga apparater, emedan bildernas upprepande under vissa förhållanden alstrar mycket regelmässiga systematiska figurer, hvilka i sin outtömlighet kunna gifva mönstertecknaren nyttig ledning.

Redan med en inrättning, som ytterst enkelt anordnas derigenom, att man låter två små fyrkantiga speglar stå tillsammans i en viss vinkel, kan man erhålla vackra resultat. Man bör för detta ändamål låta vinkeln vara noggrant en viss del, t. ex. $^1/_4$, $^1/_5$ eller $^1/_6$, af cirkelns omkrets. Bilderna af de mellan speglarna varande föremålen ordna sig då till fyra-, fem- eller sexstråliga stjernor. Den mest orediga blandning af brokiga trådar, perlor, glasstycken, blommor m. m. erhåller på detta sätt en vacker regelbundenhet, hvarigenom beundransvärda figurer frambringas. Den för några år sedan under namn af debuskop mycket omtalade apparaten är ingenting annat än en helt enkel vinkelspegel, som hvilken som helst kan sammansätta af två små spe-

gelbitar eller, ännu bättre, af två blankpolerade, försilfrade kopparplåtar. Man kan då göra de• båda speglarna flyttbara, så att man efter behag kan framkalla fem-, sex- eller mångkantiga bilder, hvilket ej är händelsen med debuskopet, der speglarna hafva en till hvarandra oföränderlig ställning.

Kaleidoskopet uppfans 1817 af den engelske fysikern Brewster. Det är sammansatt af två eller tre speglar, hvilka med hvarandra bilda en vinkel af 60 grader. I den derigenom bildade triangeln ligga små färgade föremål, hvilkas spegelbilder sammansätta sig till regelbundna sexsidiga figurer, som genom instrumentets skakning kunna på mångfaldigt sätt förändras. Visserligen är kaleidoskopet, strängt taget, ej någon ny uppfinning, då likartade inrättningar redan på sextonhundratalet voro bekanta, men det är först genom Brewster, det kommit i allmännare bruk. Denne vetenskapsman erhöll patent å uppfinningen och skördade deraf betydande fördelar.



Fig. 204. Kaleidoskopet.

Synnerligt vigtiga tillämpningar af plana ytors reflexion har man gjort vid några instrument, som vi nu skola omnämna.

Sextanten tjenar till att bestämma den vinkel, som två aflägsna synbara punkter bilda med den punkt, der observatorn befinner sig. Namnet härrör deraf, att instrumentets gradskifva vanligen omfattar en sjettedel af cirkelns omkrets. Förtjensten af uppfinningen tillhör egentligen den engelske fysikern Hooke, men Newton förbättrade henne. Det första fullständigare instrument af detta slag utfördes år 1731 af Hadley, men det var då i sjelfva verket en oktant, omfattande blott en åttondedel af cirkelns omkrets.

Fig. 205 visar en sextant. *A B* är en indelad cirkelbåge, kring hvars medelpunkt armen *C D* kan vridas. Den sistnämda har vid vridningspunkten en mot bågens plan vinkelrät plan spegel *C*, som är fäst vid armen medelst små skrufvar. Vid armens andra ända finnes en så kallad nonie, med hvars tillhjelp man kan noggrant afläsa storleken af den vinkel, hvari armen och spegeln blifvit vridna. *G* är en liten lup, fäst vid en omkring *H* vridbar liten stång, hvilken kan vridas så, att linsen kommer öfver nonien, hvarigenom den fina indelningen lättare kan iakttagas. *J* är en kikare med oföränderlig riktning och för den skull innesluten i en fast hylsa *K*. Han är noggrant inriktad mot öfre kanten af en annan snedt stående spegel *L*, så att man derigenom kan iakttaga ej endast bilden i spegeln, utan äfven aflägsna föremål, som

ligga i den lilla spegelns riktning, men öfver honom. När den rörliga spegeln *C* är ställd parallel med den fasta spegeln *L*, bör nonien angifva nollpunkten. Vidare se vi å afbildningen två system bländglas, hvilka, då solobservationer skola göras, begagnas för att dämpa det starka ljuset, och vid *O* ett handtag, hvarmed instrumentet vid begagnandet hålles. I fig. 206 visas alla hufvuddelar i enkel skematisk framställning, på det deras verkningssätt må blifva tydligare.

När de båda speglarna *C* och *L* äro parallela, bli de strålar, som reflekteras från *C* till *L* och derifrån komma till kikaren, af denna sända i samma riktning, hvari de kommo till *C*. Man ser derför genom kikaren *J* samma föremål så väl omedelbart öfver spegeln *L*:s kant som genom reflexion i båda speglarna. Man har derigenom ett säkert medel att noggrant inställa dem båda till parallelism. I detta läge visar, såsom ofvan blifvit sagdt, armen *CD*:s nonie på delningens nollpunkt. Vill man bestämma den vinkel, som två punkter bilda med åskådarens ståndpunkt, bör man ställa sig så, att man ser den ena af dessa punkter till höger, den andra tillvenster. Med kikaren uppsöker man nu den sistnämda, hvilken ligger i riktningen af linien *CK* (fig. 206) öfver *L*, och bringar på samma gång bilden af den andra, t. ex. i riktningen *CS* liggande punkten i kikaren, i det man vrider spegeln *C* så långt, tills de reflekterade strålarna från denna spegel genom *L* sändas till kikaren *J*. Den vinkel, hvari man för den skull bör vrida armen *CD*, är jemnt hälften af den sökta vinkeln. För att kunna omedelbart afläsa honom är graderingen på bågen *AB* utförd på det sätt, att en grad deraf motsvarar en half grad i den vanliga cirkeldelningen.

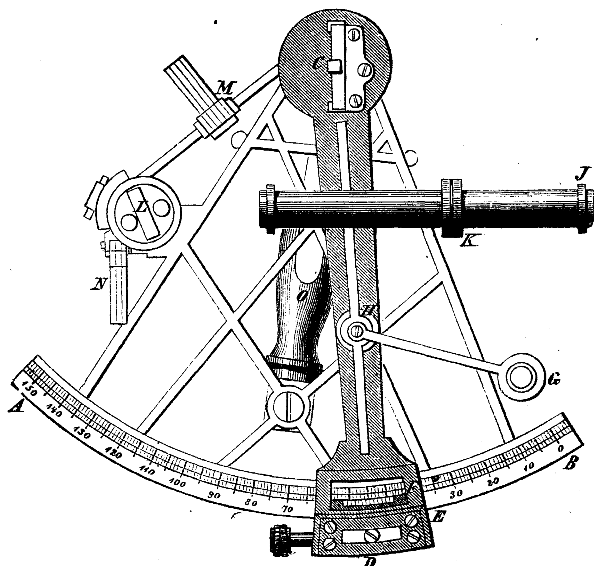


Fig. 205. Sextanten.

Sextanten är för sjöfararen ett oumbärligt instrument, hvars värde till icke ringa del ligger deruti, att man kan hålla instrumentet i handen utan att behöfva ett fast stöd derför och likväl med tillräcklig noggranhet afläsa en vinkel. För astronomisk ortbestämning är det nödvändigt att taga solens höjd, d. v. s. uppmäta den vinkel, som solen vid gåendet genom meridianen bildar med horisonten. På ett i rörelse varande fartyg skulle man naturligtvis ej för en sådan mätning kunna använda en fast apparat, men med sex-

tanten låter detta utan svårighet göra sig. Det är derför sextanten allmänt användes å fartyg, som befara större vatten.

Reflexionsgoniometern är ett af Wollaston uppfunnet instrument för att mäta vinkeln, som två kristallytor bilda med hvarandra. För detta ändamål använder man antingen den spegling, kristallytorna af naturen ega, eller den, man genom fuktning eller på dem anbragta tunna spegelglas kan gifva dem. Principen är mycket enkel. Man anbringar kristallen i axeln af en vertikal och på sin omkrets med delning försedd cirkelring, så att de i fråga varande kristallytornas kant bildar en horisontal linie. Derefter söker man bringa en annan horisontal linie, t. ex. en fönsterlist, till spegling i ytorna, så att dess bild synes i kanten först vid den ena och sedan vid den andra ytan. Den vinkel, hvari cirkelringen med den derpå anbragta kristallen för den skull måst vridas, är just supplementet till den sökta vinkeln.

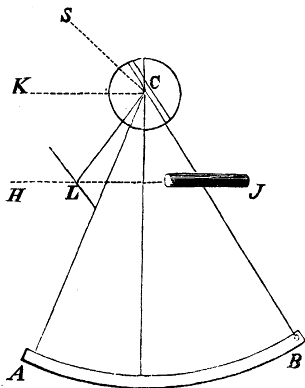


Fig. 206. Sextantens princip.

Heliostaten tjenar till att återkasta solstrålarna så, att de alltid synas komma i samma riktning, fastän solen oupphörligt ändrar sitt läge på himmeln. Han är ett temligen sammansatt instrument, hvars hufvuddelar äro en spegel och ett urverk, hvarmed spegeln vrides, så att han följer solens rörelse.

Heliotropen är ett annat spegelinstrument, hvars ändamål är att återkasta en knippa solstrålar till en aflägsen punkt. Det grundar sig derpå, att en af solen belyst spegel kan, äfven om hans storlek ej är mer än omkring en qvadrattum, blifva synlig ännu på flera mils afstånd. Instrumentet användes vid ett lands geodetiska uppmätning. Gauss och Steinheil ha uppfunnit heliotroper för detta ändamål.

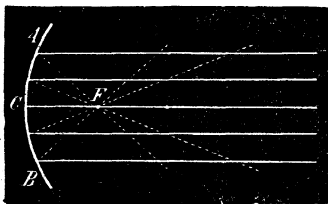


Fig. 207. Ihålig spegel.

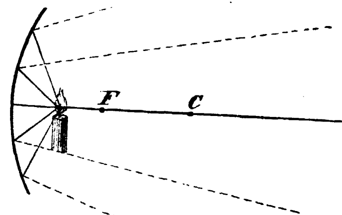


Fig. 208. Reflexion i divergerande riktning.

Bugtiga ytors spegling. När en ljusstråle träffar en bugtig yta, följer han vid reflexionen samma lagar som vid en plan spegel. Anfallsvinkeln är lika med reflexionsvinkeln. För att inse riktigheten af denna sats behöfva

vi blott tänka oss ett litet plan, som tangerar ytan vid den punkt, der hon träffas af strålen. De bugtiga ytorna kunna vara antingen upphöjda, konvexa, eller ihåliga, konkava. Ett urglas visar oss i sin yttre yta exempel på det förra och i sin inre på det senare slaget. Men emedan krökningens beskaffenhet kan vara mycket olika, då det gifves cylindriska, koniska, sferiska, ellipsoidiska, paraboloidiska och annorlunda formade ytor, kunna, oaktadt den enkla grundlagen, bugtiga ytor gifva en stor mångfald af bilder.

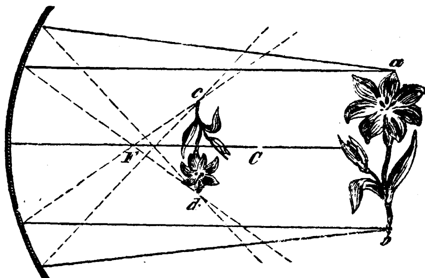
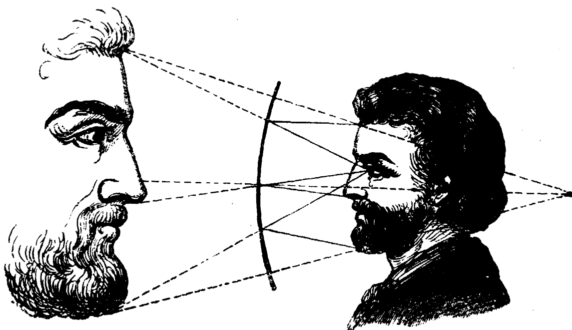
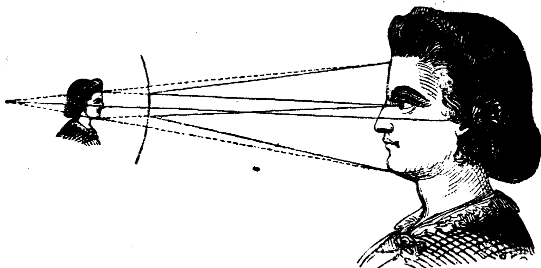


Fig. 209. Verklig bild i en ihålig spegel.

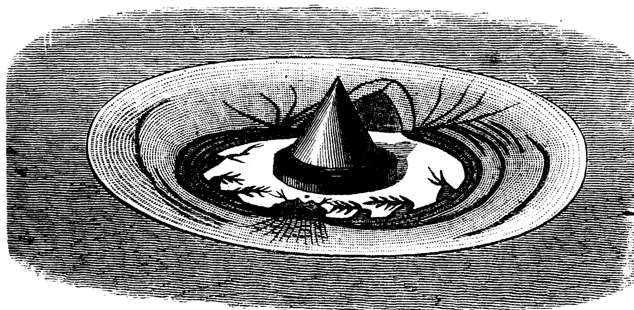
Är den speglande ytan, liksom i fig. 207 *AB*, en del af en inre sferisk yta och ljuskällan så långt borta, att strålarna derifrån kunna anses vara sins emellan parallela, ligger dennas bild, brännpunkten *F*, midt emellan medelpunkten och spegelytan på spegelns axel, såsom man kallar den linie, hvilken går genom ytans midtpunkt och medelpunkten. Brännpunktens afstånd från spegelytan, räknadt efter axeln, kallas spegelns brännvidd. Men om ljuskällan flyttas närmare spegeln, så att strålarna ej längre komma parallela, närmas bilden till medelpunkten och sammanfaller med denna, om ljuskällan anbringas alldeles vid medelpunkten. Närmas ljuskällan ytterligare till spegeln, faller bilden utanför medelpunkten, och om hon anbringas vid *F*, utgå strålarna parallela. Slutligen om ljuskällan föres innanför *F*, utgå strålarna divergerande (se fig. 208).


Fig. 210. Skenbar bild i en ihålig spegel.


Fig. 211. Skenbar bild i en upphöjd spegel.

De i en spegel uppkommande bilderna äro af två slag och uppstå på följande sätt. Antag t. ex., att, såsom i fig. 209, ett föremål *ab* ligger utanför medelpunkten. Från hvarje punkt af föremålet, t. ex. *a*, utgå strålar, hvilka träffa spegeln och derifrån återkastas så, att de träffa hvarandra i en punkt *d*, hvilken då blir bild till *a*. Det

samma gäller äfven om alla andra punkter af föremålet: hvar och en af dem har sin särskilda bild. Samlingen af alla dessa bilder utgör föremålets bild, hvilken här blir förminskad samt upp- och nedvänd. Man kan uppfånga honom på ett papper eller en mattslipad glasskifva, och han kallas derför verklig eller reel, i motsats till en skenbar eller virtuel bild, som ej i verkligheten finnes. Huru en sådan skenbar bild uppkommer i en ihålig spegel, synes af fig. 210. Denna bild synes vara belägen bakom spegeln, rättvänd och förstorad.



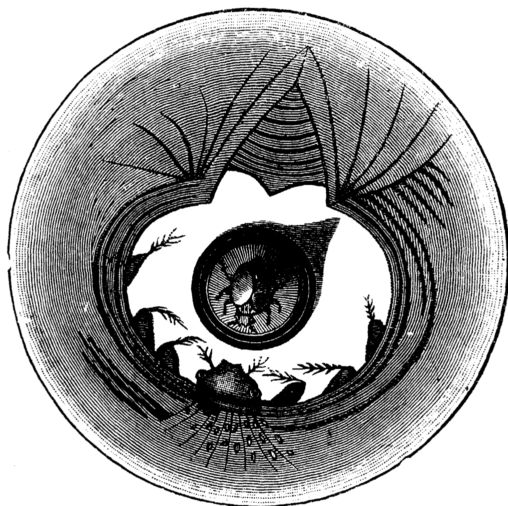


Fig. 212, 213. Bilder i den koniska spegeln.

De upphöjda speglarna kunna ej gifva någon verklig bild, ty de derifrån reflekterade strålarna sprida sig åt olika sidor. Men de skenbara bilderna synas rättvända samt allt efter spegelns böjning och föremålets afstånd mer eller mindre förminskade. De stora, invändigt antingen svärtade eller försilfrade kulor, som man brukar uppställa till prydnader i trädgårdar, lemna tillfälle till iakttagelser häröfver. Fig. 211 lemnar en tydlig framställning af den skenbara bildens uppkomst.

Dessa äro de enklaste fall, som vid bugtiga speglar förekomma. De mera invecklade hit hörande företeelser, som på otaligt många sätt möta oss i naturen, kunna alla förklaras efter samma grunder. Men någon vigtigare tillämpning deraf har endast blifvit gjord med sferiska och paraboliska speglar för belysningsändamål. Hvarken de förvirrade bilder, som i polerade koner eller cylindrar låta igenkänna regelbundna figurer och hvilka så ofta som kuriositeter träffas i gamla samlingar (fig. 212 och 213), eller de fritt sväfvande bilderna i ihåliga speglar, hvilka, uppfångade på rökmoln eller förhängen, i äldre tider torde ha spelat en stor rol vid andebesvärjelser, ega nu mera för oss något intresse. Vid behandlingen af spegelteleskopet och några andra apparater, i hvilka sferiska speglar användas, skola vi få tillfälle att återkomma till de nu anförda satserna.



Prismat och spektralanalysen.

Myter. — Ljusets brytning. — Brytning i vatten och i luft. — Fata morgana. — Prismat. — Total reflexion. — Camera lucida. — Solspektret. — Det hvita ljusets färgade beståndsdelar. — Toner och färger. — Newtons färglära. — Fluorescens. — De fraunhoferska linierna. — Olikheten hos spektrer från olika ljuskällor. — Kontinuerliga spektrer samt gasers och ångors spektrer. — Spektralanalysens historia. — Kirchhoff och Bunsen. — Spektralapparater. — Nyupptäckta metaller. — Spektralanalysens användning för undersökningen af himlakropparnas beskaffenhet. — Hvaraf består solen? — Protuberanserna.

Sju jungfrur förenade sig, så berättar en indisk saga, för att fira solguden Krischnas ankomst. Men då han anländt och bad dem dansa för sig, måste de till sin bedröfvelse tillstå, att de ej hade någon att dansa med. Då delade sig guden i sju delar, och hvarje danserska fick sin Krischna.

Denna myt har en öfverraskande likhet med en saga, som Pindaros bevarat åt oss. Då gudarna delat jorden emellan sig, hade solguden blifvit glömd; för att hålla honom skadeslös hade man blott en ö att tillgå, hvilken just höll på att uppstiga ur hafvet. Denna ö, som solguden sålunda fick på sin lott, var Rodos, så benämd efter hans älskarinna, hvilken skänkte honom sju underbart begåfvade söner; ön förblef ock helgad åt den gudomliga elden. På de antika afbildningarna är Apollon smyckad med ett diadem af sju ljuspunkter,

och hos Julianus förekommer solens gudomlighet under namnet »den sjustrålige guden», hvilket skall vara af kaldeiskt ursprung.

Dessa forntidens poetiska åskådningssätt afspegla sig på ett märkvärdigt sätt i vissa af den nyare naturforskningens strängt matematiska teorier. Det låter visserligen tänka sig, att sagorna om de sju af Krischna lyckliggjorda jungfrurna och den rodiska nymfens sju söner, liksom så många andra, blifvit diktade på grund af den helgd, hvari forntiden höll sjutalet; för oss utgöra dock dessa myter det äldsta ursprunget till en färglära, hvilken, af Newton lagd på en vetenskaplig bas, är den grundval, hvarpå den nyare fysikens lära om ljuset hvilar.

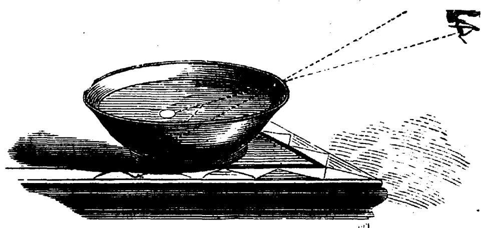


Fig. 215. Ljusbrytning i vatten.

Ljusets brytning. Diamantens glänsande färgspel, den bedrägliga f a t a m o r g a n a, de linsformigt slipade glasens förmåga att för ögat tydliggöra så väl det minsta som det mest aflägsna, den praktfulla regnbågen — allt detta beror endast på ljusets egenskap att antaga en annan riktning, då det går från en genomskinlig kropp till en annan eller då tätheten hos den kropp, i hvilken strålen rör sig, är olika i de olika genomgångna lagren. Denna egenskap benämnes ljusets b r y t b a r h e t. Det sagda kan förtydligas på följande sätt. I ett tomt kärl lägges ett mynt, och man ställer sig så, att kanten af kärlet bortskymmer det; fylles nu kärlet med vatten, blir myntet genast synligt. Riktningen hos de från myntet reflekterade ljusstrålarna förändras vid öfvergången från vattnet till luften, hvarigenom det blir dem möjligt att inkomma i vårt öga, hvilket ej kunde ske, innan kärlet fyldes med vatten (fig. 215). Bilden synes för oss i en annan riktning än den, hvari föremålet befinner sig; detta är äfven orsaken, hvarför man ej träffar en fisk i vattnet, om man ej sigtar nedanför det ställe, der han tyckes befinna sig.

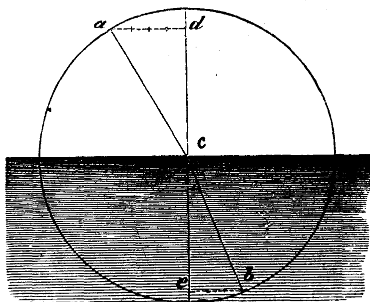


Fig. 216. Bestämning af ljusbrytningsförhållandena.

Vid öfvergången från vatten till luft eller i allmänhet vid öfvergången från ett tätare till ett i optiskt hänseende mindre tätt ämne brytes ljusstrålen f r å n n o r m a l e n, vid öfvergången från luft till vatten deremot t i l l n o r m a l e n (fig. 216). Vinkeln acd, som den infallande strålen ac bildar med normalen cd, kallas i n f a l l s v i n k e l n; b r y t n i n g s v i n k e l n deremot är den, som den brutna strålen bc bildar med normalens förlängning ce, således vinkeln bce.

Med infallsvinkelns storlek ändras äfven brytningsvinkelns, men på ett alldeles bestämdt sätt. Förhållandet mellan vinklarna eller, riktigare, mel-

lan deras sinus *ad: be* är oföränderligt och kallas brytningsexponent. För de båda medier, i hvilka ljusstrålen i fig. 216 rör sig, skulle han angifvas af relativtalen 4 och 3, så att han blefve $^3/_4$ för det öfre, mindre täta mediet och $^4/_3$ för det nedre, tätare, hvarvid alltid det andra antages som enhet. Då ej annorlunda särskildt nämnes, tager man luften till enhet. Ju större brytningsexponenten för två kroppar är, desto större är skilnaden i deras ljusbrytande förmåga. Om ljuset brytes vid gången mellan de olika täta lagren i en och samma kropp, står deras ljusbrytande förmåga i nära sammanhang med den specifika vigten. Då ljuset öfvergår från en kropp till en annan af olika sammansättning, får man dock ej obetingadt tillämpa den satsen, att strålen brytes till normalen, då han går från ett mindre tätt till ett tätare ämne. Exempel härpå ger benzol, som bryter ljuset mycket starkare än flera glassorter, fastän denna vätska är mindre tät än glas. Om vi derför i det följande stundom begagna uttrycken tätare och mindre tät, sker det blott för korthetens skull, och vi afse dermed endast de optiska förhållandena, den optiska tätheten.

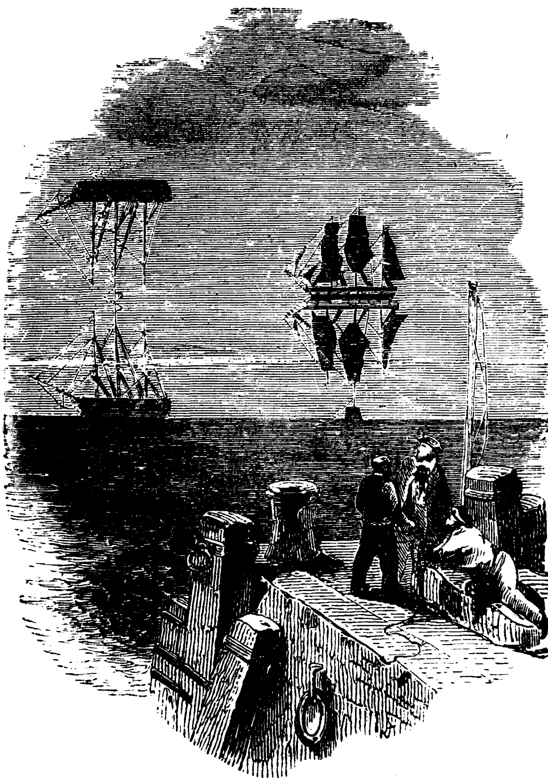


Fig. 217. Fata morgana.

Fata morgana visar oss ett fall, då ljuset brytes inom en och samma kropp. Den ojemna uppvärmningen genom solen och värmestrålningen från jorden utvidga på olika sätt de öfver hvarandra liggande luftlagren och åstadkomma dermed äfven en olikhet i deras ljusbrytande förmåga. Under dessa förhållanden kan, såsom vi i fråga om kärlet med myntet sågo, ett under horisonten liggande landskap blifva synligt. Omvexla derjemte de tätare och mindre täta lagren regelbundet, uppstå vid beröringsytan speglingar, i följd hvaraf bilden visar sig flera gånger dels rättvänd, dels upp- och nedvänd. Det är ingalunda någonting oförklarligt, när det berättas oss, huru den törstande karavanen plötsligt får se leende oaser uppdyka vid ökenranden, eller huru de förvånade bestigarna af Pico de Teyde på Teneriffa igenkänna den tusen geografiska mil aflägsna Alleghanykedjan i Amerika.

De noggrannaste undersökningarna af detta märkvärdiga fenomen, hvilket äfven benämnes **hägring**, gjordes i Afrikas öknar af den berömde franske matematikern Monge under den förste Napoleons expedition till Egypten. Sandöknen upphettas i hög grad af solstrålarna och meddelar närliggande luftlager af sitt värme, så att deras täthet förminskas. Härigenom framkallas ofta egendomliga ljusbrytningar.

Alla ljusstrålar, hvilka, kommande från den med eter fylda verldsrymden, inträda i vår atmosfer, brytas på samma sätt. Vi se derför också endast de stjernor, som befinna sig midt öfver oss i zenit, på deras rätta ställe, hvaremot alla de öfriga visa sig för högt, och detta desto mera, ju närmare horisonten de befinna sig, d. v. s. ju tätare luftlager de från dem kommande strålarna hafva att genomgå. Detta fenomen kallas i astronomin **atmosferisk refraktion**.

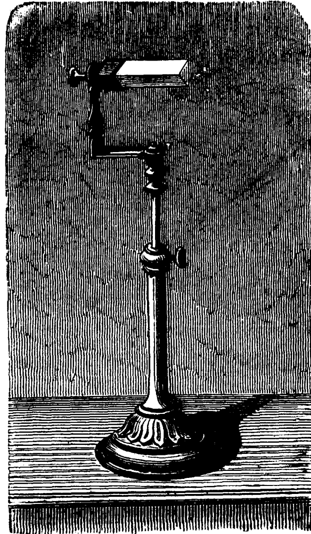


Fig. 218. Prisma med infattning.

Prismat, »detta instrument», säger Goethe, »som i österlandet skattas så högt, att den kinesiske kejsaren förbehållit sig uteslutande besittning deraf som en majestätsrätt, och hvars underbara egenskaper redan tidigt tilldrogo sig vår uppmärksamhet och städse bibehålla sitt intresse, ett instrument, hvarpå hela den nu antagna färgteorin hvilar», är det föremål, hvarmed vi först skola sysselsätta oss. Hvad som menas med ett prisma, behöfver väl ej särskildt förklaras. Det enkla instrumentet, en slipad, genomskinlig glaskropp med plana ytor, af hvilka två, de båda grundytorna, äro parallela, är temligen allmänt kändt. Fysikern behöfver för studiet af de prismatiska fenomenen endast två, i en spetsig vinkel skarpt sammanstötande plana ytor. Vanligen ger man det för fysikaliska försök afsedda prismat, hvilket bör vara ytterst väl slipadt och af fullkomligt homogent glas, en infattning af messing för att kunna inställa och fastgöra det, hur man behagar. På samma sätt som af glas framställas äfven prismer af andra genomskinliga ämnen, till och med af vätskor och gaser, hvilka då inneslutas af tunna glasväggar.

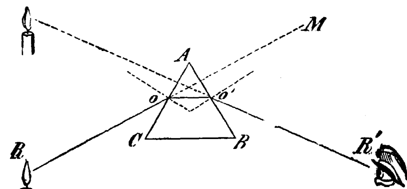


Fig. 219. Ljusbrytning genom ett prisma.

Huru förhåller sig nu en ljusstråle vid sin gång genom ett prisma? Detta skall fig. 219, som i triangeln *ABC* visar genomskärningen af ett liksidigt prisma, förtydliga oss. *Ro* är den infallande ljusstrålen, *AC* och *AB* de **brytande ytorna**, kanten *A* den **brytande kanten**, den af *CA* och *BA* vid *A* inneslutna vinkeln den **brytande vinkeln** och ytan *BC* prismats bas.

Vid inträdet i det tätare mediet brytes strålen *Ro* till normalen, då han deremot vid utgången från ytan *AB* brytes från normalen, emedan han åter kommer in i den mindre täta luften. I stället för att följa den ursprungliga riktningen, fortsätter han bort mot *R'*. Hålla vi sålunda på det angifna sättet prismat för vårt öga, se vi ej de bakom det samma befintliga föremålen i deras verkliga läge i riktningen *MR*, utan de visa sig flyttade från sin plats, och särskildt se vi dem i det i fig. 219 och 220 antagna fallet höjda; ty hvad som gäller om en stråle, gäller naturligtvis om alla andra från ett föremål utgående strålar.

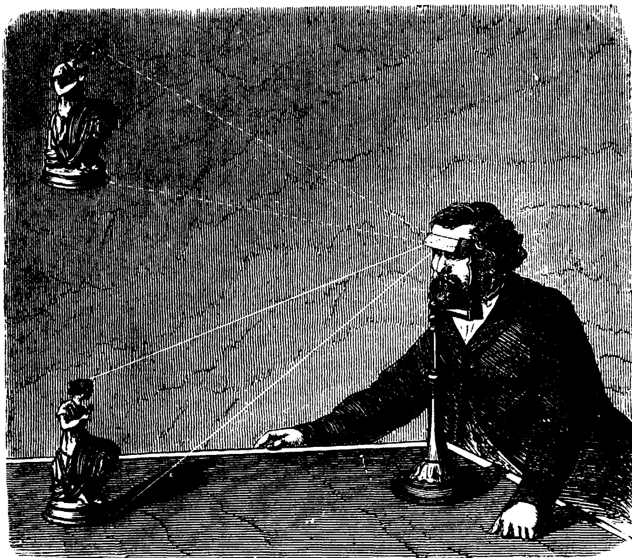


Fig. 220. Bildens afvikning genom ett prisma.

Afvikningens storlek beror på storleken af vinkeln *A*, af brytningsförmågan hos det ämne, hvaraf prismat är gjordt, samt af infallsvinkelns storlek.

Camera lucida. Under vissa förhållanden kan en ljusstråle ej öfvergå från ett starkare till ett mindre starkt brytande medium. Vid den punkt nämligen, der strålarna träffa begränsningsytan (*ba* i fig. 221) så snedt, att den brutna strålen skulle följa utmed den samma, öfvergå brytningsfenomenen i reflexionsfenomen. Alla strålar, hvilka träffa ytan under ännu spetsigare vinkel, reflekteras af henne, och fullständigare än af en metallspegel, hvilken alltid absorberar en stor del af det ljus, som träffar honom. Då strålen i ett tätare medium brytes till normalen, kan han alltid inträda i ett sådant; total reflexion kan endast ega rum vid utgåendet från ett tätare till ett mindre tätt medium och har olika gränser för olika kroppar; hos vattnet och luften är gränsen $48^1/_2$ grader, hos diamanten ej fullt 24.

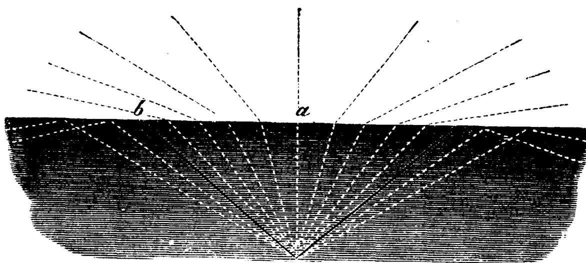


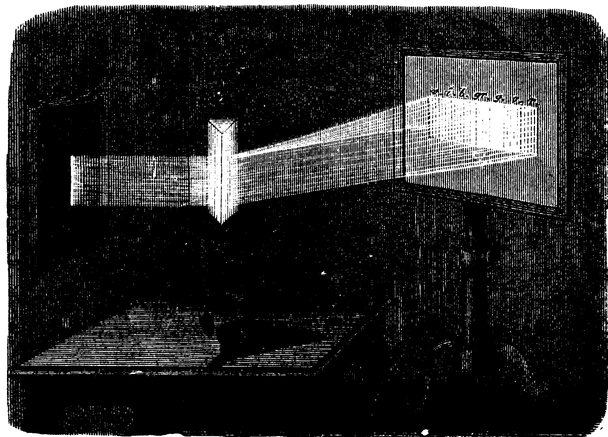
Fig. 221. Total reflexion.

En intressant användning af denna *totala* reflexion, hvilken man för öfrigt kan iakttaga hos hvarje fyldt vattenglas, har man i konstruktionen af *camera lucidan*. Apparaten består hufvudsakligen af ingenting annat än ett mycket litet tre- eller fyrsidigt prisma, *abcd* (fig. 222). De ljusstrålar, som vinkelrätt mot ytan *ab* inträda uti det samma, vilja åter gå ut genom ytan *bc*. De träffa henne dock under en för spetsig vinkel och reflekteras för den skull så, att de träffa ytan *cd* under en tillräckligt stor vinkel för att kunna utgå ur den samma. Om observatorn anbringar sitt öga i de utgående strålarnas riktning, ser han i denna riktning bilderna af de afspeglade föremålen. Har prismat små dimensioner och anbringar man under det samma på tydligt synhåll ett hvitt papper, kan man med en blyertspenna tydligt teckna bildens konturer, emedan ögat ser tillräckligt bredvid prismat för att kunna följa blyertsspetsens rörelser. I denna form och använd på detta sätt, har apparaten erhållit namnet *camera lucida*. Det bör anmärkas, att fatamorganafenomenen äfven till en del bero på ljusets totala reflexion vid gränsytorna till de olika täta luftlagren.



Fig. 222. Camera lucida.

Spektret. Vi återgå till prismat. Om man i stället för en enkel stråle, hvilken man ju i sjelfva verket ej kan erhålla, låter ett strålknippe, sådant det medelst en liten rund öppning i den stängda fönsterluckan till ett för öfrigt mörkt rum erhålles, gå igenom ett dylikt instrument, skulle man vänta, att hela detta strålknippe genom brytningen skulle bringas ur sin förra riktning, så att man på väggen erhölle en hvit, cirkelformig ljusbild, hvilken dock ej komme att ligga i den ursprungliga riktningen. Detta är dock ej fallet. I stället visar sig det egendomliga förhållandet, att, då försöket göres på nyss anförda sätt


Fig. 223. Ljusets spridning genom ett prisma.

och såsom fig. 223 antyder, bilden af öppningen genom prismat blir förlängd och på ett regelbundet sätt färgad. Denna bild kalla fysikerna spektrum och, om han framkallats af solljuset, solspektrum. Det liknar en del af regnbågen; vi återfinna samma färger här som der och i samma ordningsföljd från rödt till orange, gult, grönt, blått, indigo och violett. Vackrast visar sig likväl fenomenet, om man låter ljuset intränga genom en smal vertikal springa och gå genom ett flintglasprisma, hvars brytande kant är parallel med springan, och betraktar de brutna strålarna genom en kikare. Fig. 223 visar en dylik anordning, och de öfver de olika delarna af spektret stående bokstäfverna beteckna de motsvarande strålarnas färg i den förut uppgifna ordningsföljden från höger till venster.

Detta observationssätt angafs först af Wollaston 1802, men den förste, som framstälde ett spektrum i ett mörkt rum genom en cirkelformig öppning, var Newton. Det är äfven honom, vi ha att tacka för den rätta förklaringen af detta märkvärdiga fenomen.

Det lider intet tvifvel, att spektrets röda strålar blifvit mindre brutna än de violetta och att de mellanliggande olika färgade strålarna ega en brytbarhet, som ligger emellan de båda nämda färgernas och är desto större, ju närmare de ligga spektrets violetta gräns. Då solljuset ej erhållit några nya beståndsdelar, måste vi antaga, att det vanliga hvita ljuset ej är enkelt, d. v. s. ej består af vågor, som äro hvarandra fullkomligt lika, utan ega en olika brytbarhet, så att de derigenom medelst prismat skiljas från hvarandra och sålunda åstadkomma intrycket af olika färger på ögat. Vi ha här den sjudelade Krischna, den af solguden älskade nymfens sju söner, de sju ljuspunkterna kring hans hufvud.

Ljus af lika brytbarhet, som ej vidare kan sönderdelas af prismat och ej ger något förlängdt eller olika färgadt spektrum, kallas homogent ljus. Hvarje smalt vertikalt parti af spektret består af dylikt homogent ljus.

Det vore ett illa uträknadt tal, som ej uthärdade en kontrollräkning. Kunna vi sönderdela hvitt ljus i dess olika beståndsdelar, måste nödvändigt hvitt ljus kunna erhållas genom blandning af dessa beståndsdelar. Sättet härför har äfven Newton angifvit. Betraktar man i lämplig ställning spektret genom ett i motsatt led hållet prisma, sammanslås dess olika delar och man ser en fullkomligt hvit bild af öppningen. Uppfångar man ej hela spektret, utan endast vissa delar deraf, kan man på samma sätt förena deras beståndsdelar genom ett andra prisma, och man erhåller nu mera ej hvitt, utan en färg, som tillsammans med de afskilda färgerna skulle bilda hvitt. Tager man bort rödt, gifva de återstående strålarna grönt; fattas blått, erhålla vi orange. Rödt och grönt bilda hvitt, på samma sätt som blått och orange, violett och gult. Hvarje färg har således sin fyllnadsfärg, tillsammans med hvilken han ger hvitt. Två sådana färger kallas hvarandras komplementfärger, och en af dem måste alltid vara en blandningsfärg. Färgerna, vi mena här naturligtvis ej färgmaterialen, pigmenten, äro således ingenting annat än olika intryck på våra synnerver, framkallade genom ljusstrålar af

olika brytbarhet, på samma sätt som tonerna ej äro något utom örat liggande, utan endast bestå af intryck på vårt öras trumhinna, hvilka med en viss hastighet åstadkommas genom en mängd regelbundet på hvarandra följande luftvibrationer. Vi skola längre fram få tillfälle att närmare tala om tonförnimmelsen; här vilja vi endast fästa uppmärksamheten vid analogin mellan toner och färger.

Ljusstrålarnas olika brytbarhet är en följd af den olika hastighet, hvarmed etervibrationerna följa på hvarandra, och färgerna stå till hvarandra i alldeles samma förhållande som tonerna i musiken, endast med den skilnaden, att det här är fråga om ofantligt mindre tidsintervaller och betydligt större hastigheter, då ljusets fortplantning sker genom ett ojemförligt finare medium, etern. Då vårt öra redan kan som en ton uppfatta en vågrörelse med 41 vibrationer i sekunden, åverkas ögat först af vibrationer, hvilka intränga i det samma med en hastighet af 450 billioner i sekunden. För örat är den djupaste tonen kontra-E, för ögat den djupaste färgtonen spektrets mörkrödaste del. Den högsta musikaliska ton, som vi ännu kunna uppfatta, innehåller omkring 24 000 svängningar, och vi förmå urskilja ända till 9 oktaver. Åt ögat är ej någon motsvarande förmåga gifven, ty redan vid ett antal af 800 billioner svängningar upphör med spektrets djupaste violetta färg känsligheten för färgintryck. Det förmår ej uppfatta en enda oktav, hvilken vi måhända kunna beräkna till 900 billioner svängningar. Det är intressant att se, huru de violetta färgtonerna, ju mera de närma sig oktaven, äfven i samma mån närma sig den röda tonen, och man skulle kunna föreställa sig, att, om ett tillräckligt känsligt öga kunde uppfatta 900 billioner svängningar i sekunden, de skulle göra intrycket af en ren röd, fastän ljusare färg och sålunda utgöra en potens af spektrets djupaste ton. Måhända är inom vibrationernas hela rike en gruppering af fenomenen efter oktaven bestämmande för alla våra sinliga förnimmelser. Då ögat slutar att uppfatta, emedan svängningarna följa för hastigt på hvarandra, är det endast våra sinnens iakttagelseförmåga, som lemnar oss i sticket; strålarna eller vibrationerna existera det oaktadt och göra sig för oss förnimbara genom sina kemiska verkningar. När vi funnit bättre observationsmetoder, skola vi äfven se de gränser utvidgade, hvilka nu för oss kringgärda området för naturkrafternas verkningar.

Vi kunna ej neka oss nöjet att här återgifva den snillrika skildring, hvarmed Dove åskådligt visar, huru vibrationerna efter hvartannat framkalla ton-, ljus- och värmeförnimmelser:

»I midten af ett stort mörkt rum befinna sig en vibrerande jernstång samt en apparat, medelst hvilken vibrationernas hastighet oupphörligt ökas. Jag träder in i detta rum, då stången svänger fyra gånger i sekunden; hvarken öga eller öra säga mig något om närvaron af denna stång, endast handen, som känner slagen, då hon berör henne. Men svängningarna blifva hastigare; då de uppgå till 32 i sekunden*), träffar en djup baston mitt öra. Tonen höjer sig oupphörligt, han genomlöper alla mellanlägen till den gällaste hvissling; men nu sjunker allt tillbaka i den förra tystnaden. Ännu full af förvåning

*) Helmholtz antager den djupaste hörbara ton till 40 svängningar.

öfver, hvad jag hört, känner jag vid vibrationernas tilltagande hastighet plötsligt en angenäm värme utbreda sig från det ställe, hvarifrån tonen nyss ljöd. Ännu är dock allt höljdt i mörker. Hastigheten växer allt mera; då visar sig plötsligt ett svagt rödt ljus, det blir allt lifligare, stången glöder redan, blir derefter gul och genomlöper så hela färgskalan ända till den violetta, tills allt slutligen åter försjunker i natt. Så talar naturen till det ena sinnet efter det andra. Först ljuder ett sakta, endast i omedelbar närhet förnimbart ord, sedan ropar hon med hög röst till mig från ett allt aflägsnare fjerran, tills slutligen hennes stämma från omätliga rymder på ljusets vingar tränger ned till mig.»

Utom spektrets färgade strålar finnas äfven andra strålar i solljuset, hvilka ej omedelbart göra något intryck på vårt öga. De brytas af prismat på alldeles samma sätt som de öfriga; men liksom vi ej mera kunna uppfatta för höga toner, inverka ej heller etervågor, hvilkas brytbarhet ligger bortom spektrets violetta färg, på våra synnerver. Deremot finnas vissa kemiska föreningar, som af dem förvandlas. Detta gaf anledning till upptäckten af de så kallade kemiska strålarna, då Becquerel 1842 afbildade det färgade solspektret på en daguerrotypplåt. Nu veta vi, att detta kemiska ljus, hvilket spelar en hufvudrol inom fotografin, äfven kan göras synligt genom en del andra ämnen, såsom kininlösning, dekokt på kastanjbark, uranglas eller något dylikt (fluorescens).

De fraunhoferska linierna. Wollaston hade vid sina undersökningar af solspektret funnit, att det ej, såsom vid första påseende tyckes, består af kontinuerligt i hvarandra öfvergående partier, utan att i de ljusa färgstrimmorna visa sig mörka streck, som ha en vinkelrät ställning mot spektrets längdriktning (1802). Men det var först Fraunhofer, den berömde optikern i München, som (1814) noggrannare undersökte detta fenomen och dervid fann, att de mörka strecken ständigt visa sig på samma ställe af spektret och vidare att deras antal är ofantligt stort. Liksom vintergatans stjernor i de starka teleskopen skilja sig åt, lika så upplöste sig för hans skarpare instrument de förut dunkla banden i en mängd nya, från hvarandra skilda linier. Han sjelf bestämde inemot 600 dylika linier, hvilka efter honom blifvit kallade de fraunhoferska linierna.

De tydligast framträdande betecknades af Fraunhofer med bokstäfver och äro i synnerhet vigtiga derför, att de med full visshet alltid kunna återfinnas, hvarigenom de blifvit ett säkert medel att på det noggrannaste bestämma olika kroppars brytningsförhållanden. Denna metod har gjort tillverkningen af de optiska instrumenten samt den af dem beroende astronomin, mikroskopin, fotografin m. fl. oberäkneliga tjenster. Sålunda föra vetenskapliga upptäckter med sig följder, som ingen kunnat ana, äfven om de förefalla den stora mängden som ofruktbara teoretiska spetsfundigheter. Ty intet i naturen är stort eller litet: allt är i det stora hela lika betydande.

De fraunhoferska liniernas läge i solspektret åskådliggöres af fig. 225. A, B och C ligga i rödt, D i orange, E på gränsen mellan gult och grönt,

F mellan grönt och blått, *G* i indigoblått och *H* i violett. Emellan dessa fördela sig de talrika finare linier, som med afsigt äro på figuren utelemnade.

Vi se sålunda, att egenskaperna hos de ljusvågor, som tillsammans bilda det hvita solljuset, ej kontinuerligt öfvergå uti hvarandra, utan att solljuset, då det lemnar prismat, saknar strålar af en viss brytbarhet eller åtminstone eger sådana i vida mindre mängd än de öfriga. Man har nämligen funnit, att dessa linier ej äro i fullkomlig saknad af ljus, utan under vissa förhållanden till och med kunna göras betydligt mörkare.



Fig. 224. Joseph Fraunhofer.

Kontinuerliga spektrer samt gasers och ångors spektrer. I stället för solljuset kan hvarje annat ljus, blott det är tillräckligt intensivt, begagnas till framkallande af spektrer. Det drummondska kalkljuset t. ex. och det elektriska ljuset gifva glänsande spektrer, som skilja sig från solspektret derigenom, att de äro kontinuerliga, d. v. s. att färgerna ej äro åtskilda genom mellanrum eller skarpa öfvergångar, ej heller äro genomdragna af mörkare eller ljusare linier.

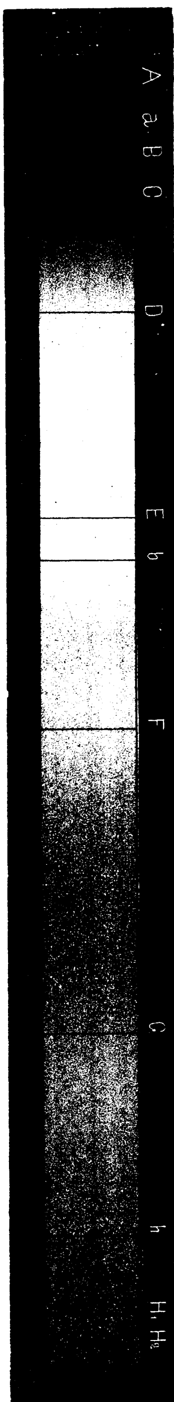


Fig. 225. Solspektret med de fraunhoferska linierna.

I det drummondska ljuset är den lysande kroppen glödande kalk, i det elektriska glödande kolpartiklar, således i båda fallen fasta kroppar. Helt olika spektrer erhålla vi deremot, när vi låta ljuset från gasformiga glödande kroppar på lämpligt sätt gå genom ett prisma. Gasernas och ångornas spektrer äro ej kontinuerliga, utan bestå tvärt om af en mängd glänsande färgade linier, hvilka genom mörka mellanrum äro skilda från hvarandra.

Då nu alla glödande fasta kroppar lemna kontinuerliga spektrer och de ljusa karakteristiska linierna endast visa sig i gasformiga kroppars spektrer, måste man, för att kunna undersöka ett visst ämnes spektrum, först bringa detta ämne i en förening, som genom upphettning kan försättas i gas- eller ångformigt tillstånd. Detta kan ske på mångahanda sätt allt efter de olika ämnenas beskaffenhet; vi måste dock här inskränka oss till att anföra de förnämsta resultat, hvartill man kommit.

Det enklaste spektret ger natrium, den metall, som finnes i koksalt och hvilken så väl ensam som i denna sin förening kan bringas i gasform. Dess spektrum består af en enda ljusgul linie, hvars läge, då solspektret begagnas till måttstock, kan medelst de fraunhoferska linierna fullkomligt noga bestämmas. Litium visar två närmare orange och rödt liggande linier, cesium en liniegrupp i gult, orange och gulgrönt samt dessutom två mycket karakteristiska indigoblå linier. Rubidium visar fem liniepar i rödt, orange, gult, grönt och violett, tallium en linie i grönt, indium en i blått och en svagare i violett. Glödande syrgas har två linier i rödt, en i gult, en liniegrupp i grönt och tre talrika grupper i blått och violett, hvaremot vätgas endast har tre linier: orange, blått och indigo o. s. v.

Dessa och talrika analoga rön hafva ledt till en helt ny metod för fysikaliska och kemiska undersökningar, en metod lika enkel som dess resultat äro öfverraskande; vi mena spektralanalysen, med hvars väsen och historia vi måste något närmare syselsätta oss.

Spektralanalysen. Redan Fraunhofer iakttog, att ljuset från solen, månen och Venus saknar alldeles samma strålar, medan deremot i spektrerna för många fixstjernor, såsom Prokyon, Capella och Beteigeuze, endast några få linier, särskildt linien *D*, äro identiska med solspektrets. Brewster undersökte 1822 olika färgade lågors fraunhofer-

ska linier och upptäckte dervid flera nya karakteristiska linier. Fem år derefter förklarade J. Herschel, som mycket syselsatt sig med dylika experiment och i synnerhet analyserat de egendomliga spektrerna af lågor, som i ångform innehöllo klorstrontium, klornatrium och andra salter, att dessa ämnen genom sin närvaro i lågan framkalla fullt bestämda linier, samt »att man i spektrernas olikhet egde ett utomordentligt skarpt medel att upptäcka äfven de minsta spår af vissa kroppar». Lika bestämdt uttalade sig Talbot, hvilken funnit, att i alkoholslågans spektrum kaliföreningarna framkalla en bestämd röd linie. »Om hans observationer vore riktiga, skulle det blott behöfvas en blick i spektret för att upptäcka ämnen, hvilkas tillvaro eljest endast genom mödosamma kemiska analyser kan ådagaläggas.»

Men oaktadt spektralanalysens betydelse sålunda klart insågs, var det dock en längre tid endast en och annan, som syselsatte sig dermed. Undersökningarna rörande de fraunhoferska liniernas natur befunno sig ännu i ett allt för outveckladt skick, att den endast steg för steg framåtgående lärda verlden skulle ansett tiden vara inne för en sådan odling af det okända fältet, som Herschel och Talbot anat.

Huru uppstodo nu de fraunhoferska linierna? De voro felande ljusstrålar. Men, saknades de redan i sjelfva ljuskällan, eller hade de först gått förlorade under fortplantningen genom etern, atmosferen o. s. v.? Det såg nästan ut, som det senare vore fallet, ty Brewster iakttog 1832, att vissa linier först framträda eller åtminstone först tydligt visa sig, då solen står lågt vid horisonten och hennes strålar sålunda måste tillryggalägga en längre väg genom luftlagren. Men olika lågors skiljaktiga spektrer, Wollastons upptäckt (1835), att den elektriska gnistan visar andra linier, då hon hoppar öfver från qvicksilfver, andra, då hon hoppar öfver från zink, tenn, kadmium och andra metaller, hvilken olikhet sålunda måste bero på den ljuskälla, hvarifrån de leda sitt ursprung, vidare den omständigheten, att endast vissa linier visa sig röna inflytande af atmosferen, allt detta tvang till den slutsatsen, att, äfven om man antager tillvaron af vissa slags absorptionslinier, jemte dessa måste finnas vissa ursprungliga, för olika ljuskällor egendomliga linier. Det är dessa ursprungliga linier, och i synnerhet de redan omnämda ljusa linierna af homologt ljus i spektrerna af vissa lågor, i hvilka metallsalter förbrinna, som blifvit grundvalen för spektralanalysen, hvars utbildning gjort namnen Kirchhoff och Bunsen så berömda.

I en historik öfver utvecklingen af denna snillrika upptäckt få vi ej underlåta att omnämna Wollastons iakttagelse, att, då man låter en elektrisk gnista hoppa öfver från en metall till en annan, spektret visar båda metallernas linier. Lika litet få vi glömma, att Foucault, sedan Fraunhofer visat, att två vissa ljusa linier i en vanlig lågas spektrum till läget öfverensstämma med linien *D* i solspektret, 1849 gjorde den upptäckten, att, om man tar ett spektrum af elektriskt ljus, hvilket, på grund af kolspetsarnas orenhet, visar de båda gula natronlinierna, och på samma gång låter solljuset gå genom prismat, de båda

omnämda linierna försvinna och en intensivt svart linie visar sig i stället. Ljus tillintetgjordes här således af ljus, ett förhållande, som synes häntyda på, att ljusvågor af lika längd och brytbarhet ömsesidigt upphäfva hvarandras verkningar. Det är alldeles samma företeelse, som vi kunna iakttaga hos två vattenvågor, hvilka stöta ihop på det sätt, att den enas dal sammanträffar med den andras berg och en fullständig utjemning således eger rum. Detta fenomen kallas af fysikerna interferens.



Fig. 226. Gustav Robert Kirchhoff.

Dessutom måste vi erinra om de arbeten i denna riktning, som blifvit utförda af van der Willigen, Swan, Stockes, Zantedeschi, samt framför allt om de utmärkta undersökningar angående olika gasers ljusabsorberande förmåga, som blifvit verkstälda och offentliggjorda af Plücker i Bonn. Redan ett århundrade förut hade Euler i sin Theoria lucis et caloris uttalat den satsen, att hvarje kropp absorberar ljus af den våglängd, hvarmed dess egna minsta delar oscillera. Genom de nya upptäckterna syntes denna sats bekräftad, och Ångström i Upsala uppstälde 1853 den lagen, att de ljusstrålar, som

utsändas af en glödande gas, ega samma brytbarhet som de, hvilka absorberas af den samma.

Kirchhoff och Bunsen, professorer, den förre i fysik, den senare i kemi, vid universitetet i Heidelberg, afslutade nu på ett glänsande sätt dessa undersökningar, i det de samlade de förut gjorda iakttagelserna och tillämpade dem på ett förut visserligen antydt, men ej strängt fasthållet mål. Kirchhoff kunde 1860 uppställa och på matematisk, ej mindre än experimental väg leda i bevis följande fruktbara lag: »Förhållandet mellan emissions- och absorptionsförmågan är i afseende på strålar af ett och samma slag hos alla kroppar vid samma temperatur det samma.» Denna lag, en utveckling af Ångströms förut anförda, är spektralanalysens grundlag, ty häraf följer, att hvarje gas eller ånga, då ljus genomgår henne, försvagar eller absorberar samma slags strålar, som hon i glödande tillstånd utsänder. Tillsammans med Bunsen har Kirchhoff äfven undersökt det inflytande, som olika omständigheter, såsom lågans lägsta och högsta temperatur, kunna utöfva på spektret och här erhållit särdeles öfverraskande resultat.

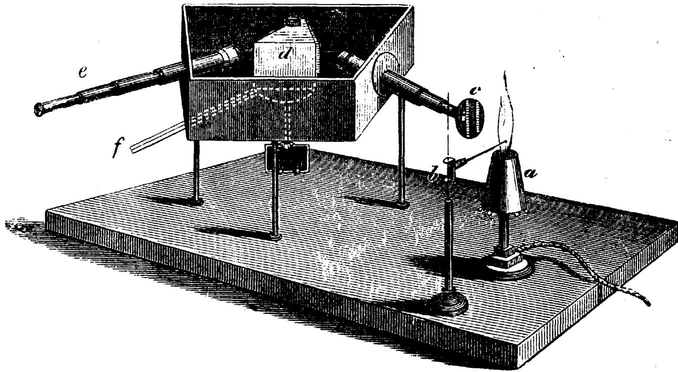


Fig. 227. Kirchhoffs och Bunsens spektroskop.

Spektralapparater. Vi skola först beskrifva en apparat, som ger ett beqvämt medel att observera och undersöka lågors spektrum, och hänvisa dervid till fig. 227, som framställer en dylik apparat i hans enklaste form. På framsidan se vi ljuskällan, en så kallad Bunsens brännare, *a*, i hvars nedre del den ditledda lysgasen blandar sig med atmosferisk luft. Denna blandning lyser föga, men utvecklar en mycket stark hetta, så att hon kan förflygtiga och förbränna de ämnen, som på en platinatråd införas i lågan. Strålarna intränga genom den smala springan på locket *c*, hvilket tillsluter ett invändigt svärtadt och mot prismat *d* riktadt rör. Spektret sjelft betraktar man medelst kikaren *e* i prismat *d*. Det senare kan medelst en häfstång *f* vridas kring sin axel; en dervid anbragt liten tillställning medgifver en noggrann uppmätning af en dylik vridning. En lodrätt spänd tråd i det inre af kikaren bildar ett märke, hvarpå linierna alltid måste spela in. Har man nu bestämt vridningsvinklarna för de vigtigare mörka linierna i solspektret, kan man sedermera med stor lätthet noggrant bestämma läget af hvilka linier som helst i ett annat spektrum i förhållande till dessa.

Denna apparat är på grund af sin föga kompendiösa form i flera afseenden obeqväm. Han förbättrades också snart af fysiker och mekaniker,

och man har konstruerat en hel mängd hjelpapparater, hvilka tjena dels till att mäta, dels till att jemföra spektrer. De väsentligaste delarna utgöras dock fortfarande af den fina springan, genom hvilken det från den lysande kroppen kommande ljuset infaller, af prismat, som framkallar spektret, och af kikaren, hvarigenom detta senare betraktas. Denna senare del af apparaten kan dock utelemnas, då man vill göra spektret synligt för flera personer på en gång. Man använder då i stället en hvit skärm, hvarpå man uppfångar de brutna strålarna. Emellertid måste i sådant fall synnerligt kraftiga ljuskällor användas, emedan spektret, då det får utbreda sig öfver en större yta, betydligt förlorar i ljusstyrka. För att strålarna i parallel riktning må träffa prismat, anbringas emellan det samma och springan en samlingslins, den s. k. kollimatorslinsen, och för att öka ljusets spridning låter man det gå genom flera prismer. En dylik inrättning visar ett af Steinheil i Mün-

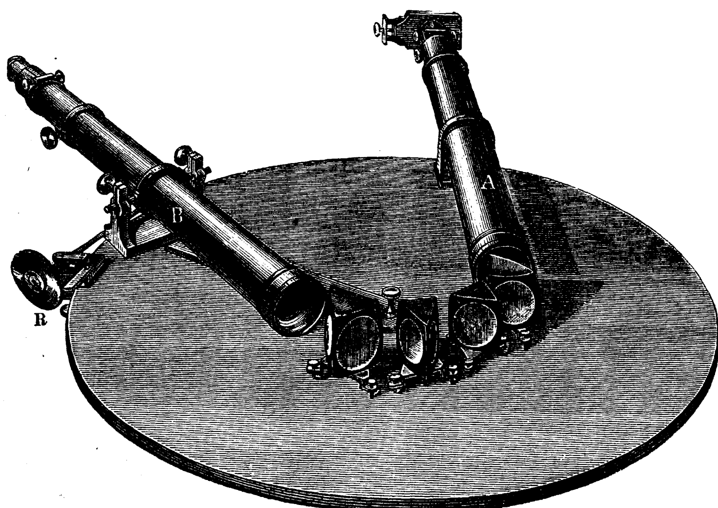


Fig. 228. Steinheils och Kirchhoffs spektroskop.

chen efter Kirchhoffs anvisningar konstrueradt instrument. Det består af fyra prismer, hvaraf tre ega en brytande vinkel af 45° och det fjerde en af 60°. Röret *A* har vid främre ändan locket med springan, *B* är kikaren, hvarigenom spektret betraktas. Denna senare är vridbar på sitt underlag medelst mikrometerskrufven *R*, genom hvilken de minsta vinklar kunna uppmätas. Browning i London, hvilken gjort sig ett berömdt namn som förfärdigare af utmärkta spektroskop, har användt ända till nio prismer i ett spektroskop, hvilket han konstruerat för observatoriet i Kijef. Fig. 229 visar den väg, som ljusstrålarna i detta fall tvingas att taga.

Dylika instrument äro nödvändiga för de finaste vetenskapliga undersökningar; i många fall är dock en apparat tillräcklig, som är lätt att handtera, äfven om ej den största möjliga noggranhet dermed kan uppnås. Vid tillfällen, då man vill undersöka spektret af ljus, som ej utgår från någon fast

lysande punkt, är det ofta obeqvämt, att strålarnas infallsriktning och kikarens synlinie bilda vinkel med hvarandra, då härigenom en snabb inställning af instrumentet blir omöjlig och man i följd deraf ej kan undersöka fenomen, hvilka endast vara några få ögonblick, såsom stjernfall m. m. Man har derför redan tidigt sökt konstruera apparater, som medgifva undersökning af ljusstrålen i samma riktning, hvari han infaller: spektroskop för direkt seende (à vision directe). Amici var den förste, som (år 1860) löste detta problem. Det är bekant, och vi skola vid behandlingen af de akromatiska linserna närmare återkomma till detta ämne, att ljusets brytning och spridning ej äro under alla förhållanden lika för olika glassorter. Ett flintglasprisma ger vid samma brytningsvinkel för midtstrålarna ett mycket mera utdraget spektrum än det, som åstadkommes af ett kronglasprisma. Kombinerar man derför ett flintglasprisma med ett lämpligt slipadt prisma af kronglas, ställdt i motsatt led, så att deras brytningsförmågor upphäfva hvarandra, fortsätta strålarna visserligen sin väg i infallsriktningen, men, emedan spridningen på grund af förut angifna förhållande ej är fullständigt upphäfd, bilda de vid strålarnas utgång ur prismat ett spektrum, hvilket dock är kortare än det ursprungliga.

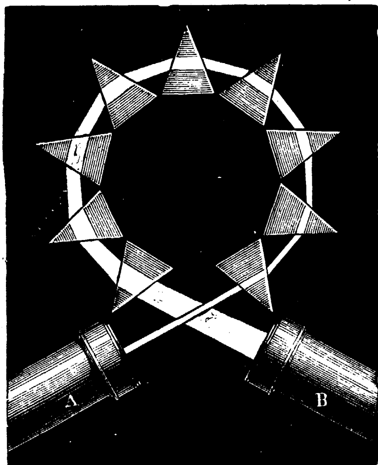


Fig. 229. Ljusstrålarnas gång genom nio prismer.

Förenas flera par prismer med hvarandra, ökas den spridande kraften. Fig. 230 visar anordningen af prismerna i instrument, konstruerade enligt denna princip, sådana de utföras af Amici i Paris och Browning i London. Browning har äfven bragt i handeln fickspektroskop, hvilkas längd ej är större än tre tum och hvilka man som en liten kikare kan rikta direkt på den lysande punkten. De äro derför mycket lämpliga för spektroskopisk undersökning af stjernfallen. De innehålla ett system af sju prismer, kollimatorslins och observationskikare, alldeles som de större apparaterna. På dessa senare har man ofta anbragt en del hjelpapparater, skalor, graderingar eller inrättningar, hvilka medgifva ett samtidigt betraktande och jemförelse mellan två, från olika ljuskällor utgående spektrer; dylika anordningar kunna dock naturligtvis ej vid miniatyrspektroskopen komma i fråga. Nyligen har general Wrede i Stockholm konstruerat ett spektroskop för direkt seende, hvilket

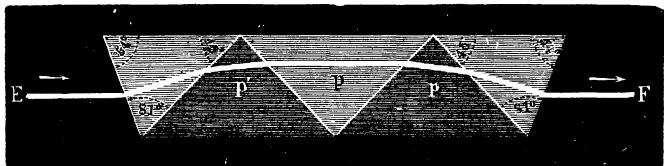


Fig. 230. Prismer till spektroskop för direkt seende.

är mycket sinnrikt och användbart. Det har två flintglasprismer för ljusets spridning samt två kronglasprismer eller speglar för ljusets återkastning.

Sedan de kirchhoff-bunsenska upptäckterna blifvit bekanta, ha fysiker med stor ifver egnat sig åt spektroskopiska undersökningar, härvid kraftigt understödda af den optiska mekaniken, hvars stora framsteg satt henne i stånd att lemna de mest fulländade apparater. Den rikedom på öfverraskande resultat, som blifvit en följd af dessa undersökningar, har visat metodens förträfflighet och stält alla äldre forskningsmetoder i skuggan. Man har med stöd af de sorgfälligaste mätningar förfärdigat noggranna afbildningar af de liniesystem, som de på jorden befintliga ämnena visa i spektret, så att man med deras tillhjelp kan företaga de noggrannaste jemförelser mellan de olika ämnenas spektrer. I synnerhet hafva Ångström och Thalén i Upsala utmärkt sig genom sina arbeten i denna riktning. Exempelvis må nämnas, att man bestämt 170 linier i titans och 500 linier i jernets spektrum.

Spektralanalysens resultat. Hvad som framför den exakta forskningens öfriga metoder utmärker spektralanalysen, är hennes till det underbara gränsande känslighet, hvilken dock, såsom grundad på enkla mätningar, ingalunda förorsakar några misstag. Reaktionerna äro så fina, att man medelst den karakteristiska gula linien kan påvisa närvaron af en tremilliondel af ett femhundratusendedels skålpund natron. Med spektroskopets tillhjelp har man funnit, att vid vestliga vindar luften innehåller mera natron än vid nordostliga, emedan i det förra fallet vinden stryker öfver det koksalthaltiga hafsvattnet, i det senare deremot öfver det stora östeuropeiska fastlandet.

Under gången af sina undersökningar gjorde Kirchhoff och Bunsen den öfverraskande upptäckten, att flera kroppar, hvilka man förut trott ytterst sällan förekomma, i sjelfva verket återfinnas nästan i de flesta mineral och källor, fastän i ofantligt små mängder. Ej mindre intressant var det af dem iakttagna förhållandet, att i spektret stundom visa sig ljusa linier, hvilka ej öfverensstämma med något enda kändt ämnes linier. Sålunda observerade de båda forskarna först, huru stundom en praktfull röd linie sköt upp framför kaliumlinien, och huru alltid på samma gång vissa andra linier med oföränderligt läge visade sig i spektret; stundom visade sig åter en synnerligt klar och vackert färgad blå linie, som alltid var åtföljd af vissa andra linier och ingalunda kunde förvexlas med den blå strontiumlinien. Än uppträdde dessa linier samtidigt, än hvar för sig, och det var i synnerhet vissa mineral, såsom lepidolit, som läto dessa linier särdeles vackert framträda.

Lika öfverraskande som denna upptäckt var för forskarna, lika öfverraskande måste dess resultat vara för hela den bildade verlden. Linierna måste ha någon orsak, och enligt all erfarenhet måste denna orsak vara den samma, som ger upphof åt andra ljusa linier. Dessa framkallas af ämnen, hvilkas gas glöder i lågan; i vår låga måste alltså glöda en eller flera kroppar, lika mycket skilda från de redan kända kropparna, som deras linier skilja

sig från de redan kända linierna: »i de undersökta kropparna måste finnas ett par nya element, hvilkas tillvaro hittills varit för kemisterna okänd.»

Så slöto Kirchhoff och Bunsen. På ett liknande sätt slöt Leverrier i Paris, då han underkastade observationerna af vissa oregelbundenheter i planeternas rörelse en matematisk kalkyl och sålunda uträknade planeten Neptunus' tillvaro. Neptunus blef funnen, och de båda elementen blefvo äfven funna, och det af upptäckarna sjelfva, hvilka gåfvo dem namnen rubidium och cesium efter de för dem karakteristiska liniernas färg. Båda äro metaller med större frändskap till syre än kalium, med hvars föreningar deras salter visa öfverensstämmelse. Liksom kalium, kunna de ej i naturen förekomma i rent, gediget tillstånd. Deras framställning i fritt tillstånd skedde med tillhjelp af ett galvaniskt batteri. Något senare än de båda omnämda metallerna upptäcktes på samma sätt indium af Reich i Freiberg samt tallium, hvilken senare metall utmärkes genom en mycket tydlig lökgrön linie.

Men det var ej upptäckten af dessa nya kemiska element allena, som gaf spektralanalysen en sådan betydelse bland de fysikaliska undersökningsmetoderna; tvärt om synes detta resultat obetydligt i jemförelse med de upptäckter, som blefvo en följd af analysen af ljus från de delar af universum, hvarifrån ingenting utom eterns vågrörelser kan tränga ned till oss och hvilkas natur måste förblifva oss

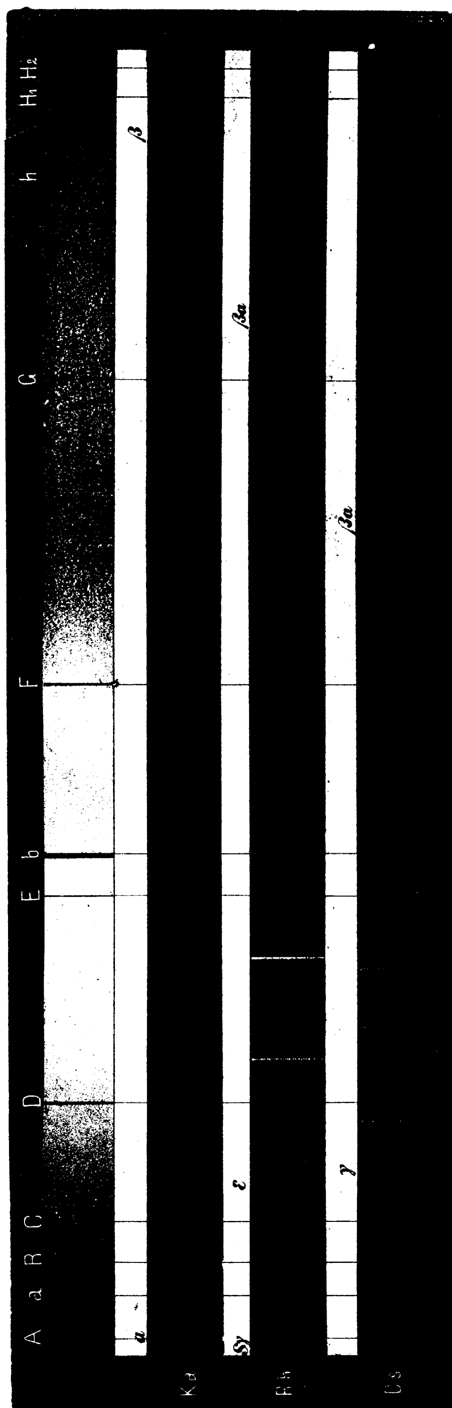


Fig. 231. Sammanställning af solspektret med spektrerna af lågor, som innehålla kalium, rubidium och cesium.

dunkel, så länge vi ej förstodo dessa ljusvibrationer. Klaven härtill gaf spektralanalysen.

Sedan man undersökt spektrer af de ämnen, som tillhöra vår jord, och funnit lagarna, hvarefter de förändra sig, allt efter som kroppen glöder i lågan ensam eller i en kemisk förening, allt efter som han är fast, flytande eller gasformig, sedan man funnit, hvilket inflytande ett ökadt eller minskadt tryck, äfvensom den temperatur, vid hvilken han kommer i glödning, utöfvar på den glödande kroppen, sedan alla dessa omständigheter på ett uttömmande sätt undersökts och för dylika undersökningar lämpliga metoder och apparater blifvit uppfunna, kunde man genom sammanställning af de vunna resultaten och efter pröfning af de gjorda iakttagelserna draga slutsatser af förut ej anad omfattning. Man lärde ej blott känna den kemiska arten af de kroppar, hvaraf vårt solsystem består, utan kunde äfven undersöka sammansättningen af fixstjernorna, af hvilka den oss närmast belägna är fyra billioner mil aflägsen; ja, man kunde till och med vänta svar på den frågan, huru vida dessa aflägsna himlakroppar röra sig i verldsrymden och, om så är, med hvilken hastighet och i hvilken riktning. Den utmärkte engelske astronomen Huggins har t. ex. undersökt ljuset från Sirius, och af den i en bestämd riktning tilltagande bredden af en viss mörk linie kunde han sluta, att Sirius aflägsnar sig från den punkt i verldsrymden, der vårt solsystem befinner sig, med en hastighet af 29,4 engelska mil i timmen.

Först då Kirchhoff bevisat sin spektralanalytiska grundlag, att en kropps gas eller ånga absorberar samma slags ljusstrålar, som hon utsänder, då hon i gasformigt tillstånd glödgas, först då blef en riktig tydning af de fraunhoferska linierna i solspektret lätt. Vid en jemförelse med spektrerna af ämnen, som höra jorden till, visade det sig, att ett mycket stort antal af deras mörka linier till läget noga öfverensstämmer med många af de ljusa linier, som nyss nämda ämnens spektrer visa. Jern t. ex. visar 460 ljusa linier, hvilka, såsom Ångström, Kirchhoff, Hoffman och Thalén visat, noga sammanträffa med lika många mörka i solspektret; titanspektret har öfver hundra med de fraunhoferska linierna öfverensstämmande ljusa linier; de ljusa linierna af kalium, mangan, krom, nickel, kalcium, baryt, magnesium, guld, vätgas o. s. v. återfinna vi som mörka linier i solspektret. Kirchhoffs lag var bevisad, och det var endast en fullt följdriktig tillämpning, då man slöt, att omkring den klart lysande solen sväfvar en atmosfer, som innehåller alla de förut omnämda ämnena i gas- eller ångformigt tillstånd och på grund af sin sammansättning delvis absorberar det från den glödande solkärnan utgående kontinuerliga ljuset. Då man nu tillika känner, huru stort i många spektrer antalet af de ljusa linier är, som sammanfaller med solspektrets mörka, skall man ej längre tro på en tillfällighet, utan nödgas medgifva, att den nämda teorin, om hon också i många enskildheter kan komma att undergå en eller annan förändring, likväl för riktigheten af den åsigten, att de af spektret angifna ämnena förekomma på solen, kan åberopa de mest talande skäl. Silfver, qvicksilfver, antimon, arsenik, tenn, bly, kadmium, strontium och litium visa ingen sådan öfverensstämmelse, ej

heller syrgas och kisel; men att häraf sluta, att dessa ämnen ej förekomma på solen, torde dock vara förhastadt, då ännu ej utforskade omständigheter lika väl kunnat inverka på dessa kroppars spektrer.

Men ej nog härmed: man har på detta sätt äfven kunnat kasta blickar in i solens lifsverksamhet. Man har i spektroskopet funnit ett instrument, med hvars tillhjelp man när som helst vid klart solsken kan uppvisa samt till läge, form och storlek bestämma de gåtlika protuberanserna*), hvilka man förut endast kunde observera vid totala solförmörkelser.

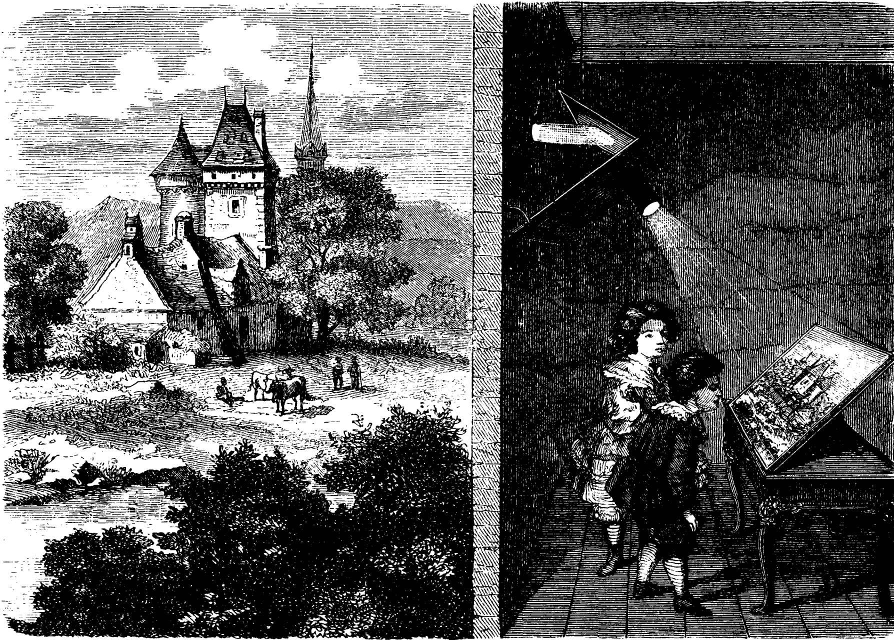
Ett fenomen, för hvars iakttagande ännu åren 1868 och 1869 dyrbara expeditioner utrustades, har nu blifvit tillgängligt för daglig observation och undersökning. Allt häntyder på att protuberanserna äro väldiga vätgasmassor, hvilka plötsligt samt under högt tryck frambryta ur solkärnan, ty deras spektrum består af flera ljusa linier, som öfverensstämma med vätgasens. Riktar man spektroskopets fina springa, genom hvilken ljuset infaller, radialt mot solskifvan, så att denna endast till en ringa del täckes, erhåller man jemte solspektret äfven spektret af protuberansen, om en sådan befinner sig på denna del af solkanten. Man kan ganska väl urskilja dessa båda spektrer, äfven om de täcka hvarandra, emedan solspektret är genomdraget af mörka linier, då deremot protuberansens spektrum består af ljusa linier, hvilka vid tillräcklig försvagning af solljuset genom stark spridning ganska tydligt framträda.

Man har genom spektroskopet funnit, att vissa af nebulosorna äro gasformiga massor, man har undersökt stjernfallen och eldkulorna och funnit deras kärnor vara fasta glödande kroppar, emedan deras spektrer äro kontinuerliga. Norrskenet, kometerna, ljusfenomenen kring solen, coronan, zodiakalljuset, med ett ord alla himlahvalfvets lysande fenomen ha blifvit med spektralapparaten undersökta, och så ung denna forskningsmetod än är — knapt tio år ha förflutit, sedan han blef bekant — har han dock om himlakropparnas beskaffenhet gifvit oss synnerligt rikhaltiga upplysningar. Jansen, som upptäckte protuberansernas vätgasnatur, Huggins, Miller, Secchi, Herschel, Lockyer, Ångström m. fl. äro namn, som ärofullt fästa sig vid den kirchhoff-bunsenska spektralanalysens utbildning och framgångar; men då vi nämna dessa, få vi ej glömma namnen på dem, som genom de mekaniskt-optiska instrumentens fullkomnande gifvit observationerna en ständigt ökad skärpa och noggranhet, uttänkt nya apparater och derigenom möjliggjort nya försöksmetoder: namnen Steinheil, Merz och Browning.

Att de snillrika teorierna fullständigt förklara de fenomen, på hvilka de tillämpats, är visserligen ännu ej med full säkerhet bevisadt, ty då allt utom oss endast på iakttagelsens och slutledningens väg kan bli vår egendom, skola de vunna resultaten ännu allt jemt förblifva hypotetiska. Men hypotesen närmar sig allt mera vissheten, ju flera sakförhållanden han blir i tillfälle att omfatta och ju färre af dessa motsäga honom. De genom spektralanalysen

*) Egendomliga, lysande, öfver solens kant framskjutande partier af betydlig höjd (ända till 20 000 mil) och vexlande form.

vunna resultaten tillhöra dock, på grund af sin rent matematiska natur, de mest tillfredsställande. I alla händelser har det sagda visat oss, hvilken ofantlig verkningssfer det enklaste fenomen, hvilken kosmisk betydelse den enklaste apparat kan erhålla, om undersökningen dermed på ett rationelt, strängt matematiskt sätt verkställes.



I camera obscuran.

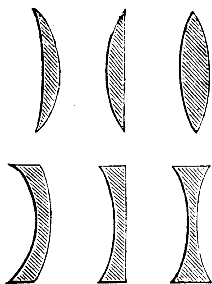
Camera obscuran.

Verlden i den mörka kammaren. — Linserna. — Olika slag deraf och grunderna för deras konstruktion. — Fyrbåkarnas lins- och prismapparater. — Sferisk aberration. — Samlingslinser. — Brännpunkt. — Brännvidd. — Linsbilder, verkliga och skenbara. — Akromatiska linser och deras uppfinning. — Linsernas slipning. — Det optiska institutet i München. — Camera obscuran. — Solbilder vid solförmörkelser. — Laterna magican och dimbilderna.

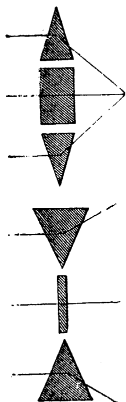
Knapt någon fysikalisk apparat torde på åskådaren göra ett så öfverraskande intryck som camera obscuran.

På en slät, hvit pappersyta se vi en perspektivisk bild af hela det oss omgifvande landskapet med alla dess skuggor, dagrar och färgspel i hela sin naturliga skönhet. Öfver gröna fält slingrar sig en flod, i hvars klara vatten solen speglar sig. Trädbeväxta och brantare delar af stranden kasta dunkla skuggor, medan de klart belysta bygningarna på den samma samt de öfver floden slagna broarna visa sin omvända bild i vattnet. På andra sidan höja sig skogbeväxta kullar, som förlora sig i ett dunkelt fjerran. I förgrunden se vi en liten stad med dess gator och öppna platser, och öfver det hela hvälfver sig en molnfri himmel, som med sitt mystiska blå lockar blicken in i oändliga djup. Förmår än målarens pensel återgifva föremålens konturer, måste dock äfven den störste konstnär förtvifla om att kunna i färg och ljus inlägga det behag, som endast naturen förmår åstadkomma. Men hvad som framför allt öfverraskar, är det lif och den rörlighet, som herska i taflan och hvarigenom

vi ständigt röna nya intryck. Vi se ej naturen fixerad i ett visst ögonblick. De hvita molnen stå ej stilla, såsom de göra på mästarens mest fulländade tafla. Vi följa dem med våra ögon, när de sväfva förbi på det blå himlahvalfvet och med sina skuggor delvis fördunkla den underliggande nejden. Vågornas glitter visar oss vattnets rörelse, trädens kronor vaja, sädesfältet går i vågor, och vi tycka oss känna den vind, som kommer bladen att darra och vattnet att krusa sig. Der kommer en båt i flodkröken, roddarna drifva med jemna årtag den lätta farkosten närmare. Han landar. Några af sällskapet stiga ur och begifva sig till den lilla villan der borta, hvars dörr öppnar sig och åter tillslutes. Och närmare medelpunkten af den förtrollande taflan visar sig nu ett omvexlande rörligt lif. Aftonens svalka lockar alla ut i det fria. Damer i ljusa drägter, svartklädda herrar, lekande barn ses skynda förbi, försvinna vid ett gathörn, dyka upp igen, men blott för att i nästa ögonblick åter försvinna. Man ser dem möta hvarandra, helsa, stanna, talas vid, och man håller andan, emedan man hvarje ögonblick väntar att få höra orden. Så kan man länge öfverlemna sig åt betraktandet af den ständigt vexlande taflan, och den apparat, hvarigenom hon åstadkommes, är så enkel, att ingen trollstaf kunde vara enklare. En jemn bordskifva, en spegel och ett par linser, se der allt. Hvad är då en lins? Denna fråga är här fullt på sin plats, ty vill man veta, på hvad sätt den täcka bilden i camera obscuran åstadkommes, bör man först göra sig bekant med hennes hufvudsakligaste beståndsdelar och verkningssätt.


Fig. 233. Konvexa och konkava linser.

Linserna, d. v. s. de optiska linserna, de enda, som här komma i fråga, utgöras af reguliert slipade glaskroppar af i allmänhet rund form och hvilkas yta är bugtig åt minst en sida. De särskilda slagen deraf äro i genomskärning tecknade i fig. 233. Äro linsens ytor böjda utåt, kallas han en konvex, äro de åter böjda inåt, benämnes han en konkav lins. Dessa båda hufvudslag sönderfalla sedan, allt efter som båda eller blott den ena ytan är bugtig, i bikonvexa, bikonkava, plankonvexa och plankonkava. Med konvexkonkav lins förstår man en sådan, hvars båda sidor äro böjda åt samma håll. De bikonvexa (eller konvergerande) linserna äro på midten tjockare än vid kanten, de bikonkava (eller divergerande) tvärtom.


Fig. 234. Principen för linserna.

Linsernas optiska verkningar äro lättast att fatta, om vi taga prismat till utgångspunkt (se fig. 234). Tänka vi oss två prismer och en liten jemn glasplatta sammanstälda så, som den öfre delen af figuren visar, fortsätta de parallelt kommande solstrålar, hvilka genomgå den mellersta glasplattan, sin väg under fortfarande parallelism, men de, som träffa prismerna, erhålla en sned riktning och sägas då vara brutna af dem. Äro prismerna till

sin brytande förmåga fullkomligt lika, brytas äfven strålarna lika mycket i hvartdera och mötas i en punkt, belägen på den axel, man tänker sig dragen genom systemets medelpunkt och vinkelrätt mot glasplattans yta. På detta ställe af axeln uppstår ett spektrum, som erhåller sina strålar från båda sidor och har en viss bestämd längd, äfven om vi tänka oss, att genom hvartdera prismat endast går ett helt smalt knippe ljusstrålar. I detta gemensamma spektrum förena sig alltså alla tre strålknippenas ljusstyrka.

Tänka vi oss nu icke blott tre strålar, utan antaga, att jemte dessa ännu ett strålknippe med samma riktning faller på systemet, måste ju hvarje stråle deruti brytas på samma sätt som de förut omnämda, men vi erhålla nu ett spektrum af temligen stor längd och färgadt endast i kanterna. I midten, der de olika färgade strålarna i de särskilda små spektrerna täcka hvarandra och blandas, se vi endast vanligt eller s. k. hvitt ljus.

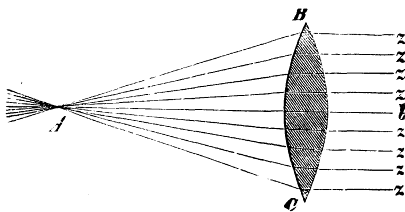
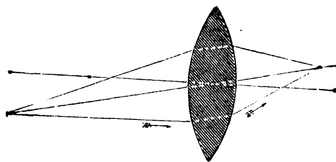


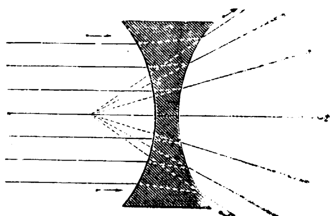
Fig. 235. Den bikonvexa linsen.

Det är för öfrigt tydligt, att de strålar, som infalla nära axeln, skära honom längre bort än de, som träffa prismats spets, emedan de förra brytas nästan parallela, samt att de senare skära honom så mycket närmare, ju högre prismat är. Dessa omständigheter bestämma spektrets längd. Ger man prismats öfre hälft en trubbigare vinkel, kan man derigenom erhålla ett blott hälften så långt spektrum. För att åstadkomma ett spektrum med dubbel ljusstyrka bör man inrätta prismat så, att de strålar, som genomgå dess spets, brytas till samma punkt som de, hvilka genomgå det i närheten af basen. Genom att på detta sätt stympa hvartdera prismat och lägga deras baser emot hvarandra tvingar man dem att sammanbryta strålarna till samma punkt på axeln. Således måste, strängt taget, hvarje stråle hafva sitt prisma och de särskilda stympningarna af det ursprungliga prismat under omärkliga vinklar öfvergå i hvarandra. I genomskärning bör således hela prismsystemet ej mera, såsom i fig. 234, synas begränsadt af räta linier, utan snarare visa en jemn krökning.


Fig. 236. Förening af från sidan infallande strålar.

Detta fall är framstäldt i fig. 235 och åskådliggör fullständigt principen för de bikonvexa linserna. Hvarje genom medelpunkten lagdt vinkelrätt plan ger der samma tvärsnitt, och den verkan, som brytningen i den ena sektionen åstadkommer, upprepas i alla de öfriga, så att alla strålar, hvilka, liksom strålarna *z*, falla parallela på linsen, måste sammanbrytas till en enda punkt *A* bakom den samma. En sådan lins, i hvilken de elementära prismerna vända sina baser emot hvarandra, kallas äfven samlingslins. En motsatt verkan, hvilken likväl kan på alldeles enahanda sätt förklaras, åstadkomma de linser,

i hvilka prismerna vända sina kanter emot hvarandra, hvilket fall framställes i fig. 233. Här brytas strålarna från axeln och sprida sig bakom linsen, som derför fått namnet spridningslins. I fig. 233 äro de tre öfversta linserna samlingslinser, de tre nedersta spridningslinser. Tydligt är, att den verkan, en lins utöfvar, ej blott beror af den brytande kraften hos det ämne, hvaraf han består, utan äfven af hans diameter och bugtighet. Hvad denna sistnämda beträffar, är det till fyllest att veta, att hon nästan alltid formas efter cirkelbågar eller snarare efter sferiska kalotter.


Fig. 237. Den bikonkava linsen.

För att nu få en öfversigt af linsernas teori är det tillräckligt att undersöka, först huru de bikonvexa och sedan huru de bikonkava förhålla sig. De kunna anses som representanter för de öfriga slagen.

Den vinkelrätt mot linsen genom hans medelpunkt gående axeln kallas hufvudaxel. Den punkt i samlingslinser, der strålarna förena sig, kallas brännpunkt (focus). Föreningspunkten för parallelt med hufvudaxeln infallande strålar kallas hufvudbrännpunkt (principalfocus), fig. 235 *A*. Denna punkts afstånd från linsens yta kallas hans brännvidd. Brännpunktens läge beror ej blott af den brytande kraften hos det ämne, hvaraf linsen består, utan äfven af de infallande strålarnas konvergens och divergens, så att han faller allt längre bort, ju närmare ljuskällan kommer linsen, d. v. s. ju mera divergerande strålarna äro. När den lysande punkten befinner sig i hufvudbrännpunkten, utgå strålarna parallela från linsen. Fig. 235 kan tjena till förklaring äfven för detta fall.

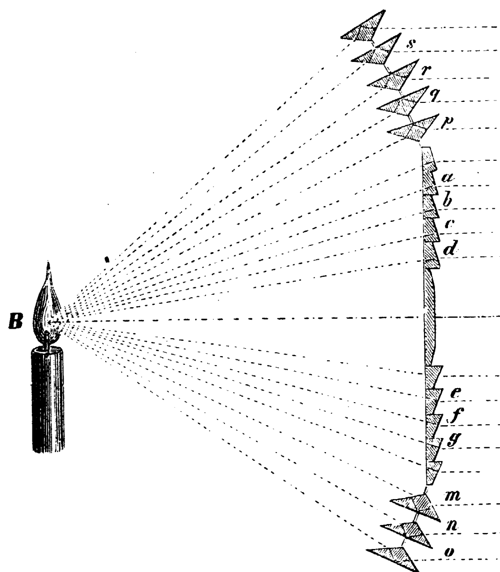


Fig. 238. Ljusstrålarnas gång genom linsapparaten.

Lika väl som de parallelt infallande strålarna förena sig i brännpunkten *A*, kunna vi föreställa oss, att de utgå från *A* och, sedan de af linsen blifvit brutna, fortsätta sin väg utefter de parallela linierna *b* och *z*. På samma sätt kan man anse hvarje punkt som brännpunkt eller ljuskälla; ljusstrålarnas väg på andra sidan linsen förblir den samma. Närmar sig ljuskällan ännu mera till linsen, divergera strålarna bakom den samma.

För öfrigt blifva äfven strålar, som utgå från en punkt, hvilken ej ligger på hufvudaxeln, sammanbrutna af samlingslinsen, såsom fig. 236 visar. De

genomgående midtlinierna kallas biaxlar, och den största vinkel, som dessa biaxlar, utan att menligt inverka på tydligheten af den genom linsen framkallade bilden, kunna göra med hvarandra, kallas linsens synfält. I bikonvexa linser af vanligt glas med brytningsexponenten 1,5 sammanfalla brännpunkterna med medelpunkterna till de sferytor, som begränsa linsen. För linser af starkare brytande ämne ligga de närmare, af mindre starkt brytande aflägsnare.

Konkava eller spridningslinser kunna således ej hafva sådana punkter, i hvilka de infallande strålarna förena sig. Men tänker man sig de divergerande strålarna utdragna bakåt, träffa äfven de samtligen in i en och samma punkt, hvilken man kan benämna spridningspunkt (se fig. 237). Denna punkt ligger alltid på samma sida om linsen som den lysande punkten.

En i praktiskt hänseende mycket vigtig användning af linsernas förmåga att sprida ljuset är den, de erhållit på fyrbåkar. Fig. 239 visar det yttre af en sådan apparat, medan fig. 238 skematiskt framställer den väg, som ljusstrålarna af linserna tvingas att taga. Som bekant, afser fyrbåken ej blott att frambringa ett möjligast starkt ljus, utan äfven att frambringa ett sådant ljus, som lätt ger sig till känna som ljuset från en fyr, så att det ej kan förvexlas med andra ljuskällor. För detta ändamål har man användt många olika slags apparater, men ändamålsenligast har man i allmänhet funnit den, som består uti att genom regelbundna, periodiska afbrott i ljuskällans strålning utmärka henne från andra. Dessa afbrott åstadkommer man derigenom, att man delar hela ljusmassan i några partier, derefter förenar hvar och en af dessa till ett knippe parallela strålar och låter dem i nästan horisontal riktning bestryka den yta, som skall belysas, i det man låter hela apparaten med en viss hastighet vrida sig omkring sin axel.

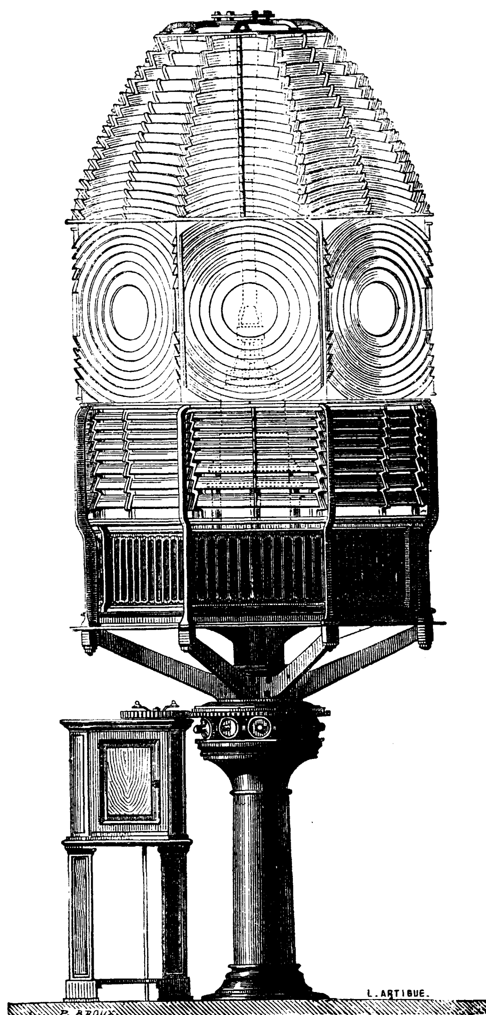
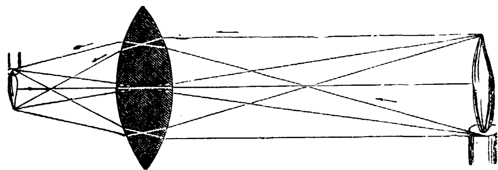
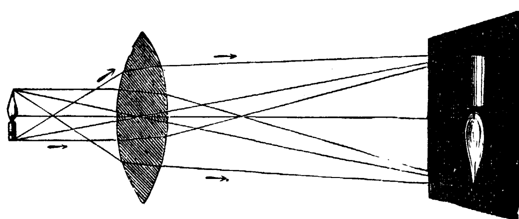


Fig. 239. Linsapparat till en fyr.

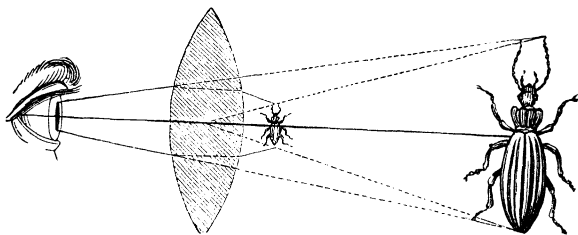
Inrättningen af en sådan apparat synes af fig. 239. Den stora, på åtta armar hvilande glaskroppen utgör lanterninen, i hvars midt ljuskällan befinner sig. Denna lanternin hvilar på en tapp, vridbar i en cylinder, i hvilken han hålles roterande af ett derstädes befintligt urverk, så att de åtta särskilda linssystem, hvaraf han består och af hvilka vi på figuren se tre afbildade, efter hvarandra föra sina ljusmassor omkring i en cirkel, så att hvarje punkt under ett hvarf åtta gånger mottager ljus från fyrtornet och dessemellan lika ofta lemnas i mörkret. Ty i följd af detta systems egendomliga anordning blir hvarje från ljuskällan utgående strålknippe tvunget att gå parallelt med hufvudaxeln, och derigenom, att strålarna ej kunna sprida sig, bibehålla de sin styrka; men äfven på det största afstånd förmå de dock blott upplysa en strimma, som, om parallelismen är fullkomlig, ej är bredare än åttondedelen af lanterninens omkrets. För att ej behöfva göra linsen i midten af hvarje sådan sektor allt för stark, hvarigenom, i följd af absorptionen, mycket ljus skulle gå förloradt, åstadkommes här strålarnas brytning, såsom fig. 239 visar, genom ett system koncentriska ljusringar. I de öfre och undre, för strålarna *m*, *n*, *o* och *p*, *q*, *r*, *s* (fig. 238) bestämda delarna är det mindre brytningen än den totala reflexionen inom prismerna, som åstadkommer strålarnas parallelism; brytningen medverkar endast så till vida, att de strålar, som ligga i ett och samma horisontalplan, här äfven skola fortlöpa parallelt med de öfriga. Prismerna få derför ej vara plana, utan deras ytor måste ha en viss bugtighet, hvilken beror af ljuskällans och brännpunktens afstånd.


Fig. 240. Verklig, förminskad bild i en bikonvex lins.


Fig. 241. Verklig, förstorad bild i en bikonvex lins.

Linsbilder. Med de anförda fenomenen, som i visst hänseende erbjuda stor likhet med fenomenen i bugtiga speglar, kunna vi för oss förklara verkningarna icke blott af camera obscuran, utan äfven af de flesta andra optiska apparater, ifrån det enkla förstoringsglaset till de konstrikt sammansatta astronomiska tuberna. Antaga vi, att genom den i fig. 240 framstälda linsen strålar utgå från det brinnande ljuset, blifva de på det genom linierna antydda sätt sammanbrutna bakom linsen, och det så, att alla strålar, som utgå från en viss punkt, äfven brytas till en och samma punkt, hvilken alltid ligger på den genom medelpunkten dragna biaxeln. I dessa föreningspunkter uppstå verkliga bilder, hvilka man kan uppfånga på en skärm. De äro upp- och nedvända och, allt efter det lysande föremålets afstånd från linsen, förstorade eller förminskade. Står ljuset på ett afstånd, som är dubbla brännvidden, äro

bild och föremål lika stora och bilden ligger likaledes på dubbla brännvidden. Står ljuset närmare linsen, är bilden förstorad och ligger längre bort; i motsatt fall är han förminskad och närmare. Utom dessa verkliga bilder gifva de konvexa linserna, liksom en konkav spegel, äfven skenbara bilder. Dessa uppkomma derigenom, att linsen gör de genomgående strålarna konvergerande och att ögat, som förlägger det på afståndet för det tydliga seendet, således får se föremålet under en större synvinkel (fig. 242). Vid begagnande af spridningslinser kunna verkliga bilder ej uppstå, och de skenbara måste synas förminskade. Hvilken bugtighet bör nu linsens yta hafva, för att han skall kunna åstadkomma dessa fenomen? Om linser med sferisk yta gäller nämligen ej strängt den regeln, att alla ljusstrålarna förena sig i en punkt, utan ju större den vinkel är, som strålarna göra med axeln, desto närmare ligger deras brännpunkt linsen sjelf. Mot den punkt, hvarifrån strålarna utgå, svarar på andra sidan ej en enda föreningspunkt, utan en hel liten zon, och då detta gäller för alla punkter, är naturligt, att, när man använder linser med stark bugtning eller kort brännvidd, bilden skall förlora i tydlighet, ju närmare man kommer kanten. Denna så kallade sferiska aberration eller afvikning i följd af linsens sferiska form kan undvikas genom användning af linser med annan bugtning; men då dessas förfärdigande möter åtskilliga svårigheter, begagnar man sig hellre af den utvägen att använda linser med större brännvidd och blott tillgodogöra den mellersta delen af linsen, på hvilken strålarna falla under tillräckligt små vinklar.


Fig. 242. Skenbar bild i en bikonvex lins.

Akromatiska linser. Det från de synliga föremålen utgående ljuset blir, liksom det omedelbara solljuset, af prismat sönderdeladt i färgade strålar. Alldeles samma verkan bör naturligtvis äfven en vanlig lins utöfva. Sätter man nämligen en lins i en smal springa af fönsterluckan och låter solljuset passera igenom honom, blir den på en bakom ställd skärm uppkommande solbilden ej fullkomligt hvit, ej ens om skärmen står i brännpunkten, utan han synes omgifven af en lätt färgad ring. Föra vi skärmen ännu längre tillbaka och således förstora cirkeln, upplöses bilden i koncentriska ringar, så att det hela företer ett färgspel, liknande regnbågens. Detta fenomen uppkommer derigenom, att de violetta strålarnas brännpunkt ligger närmare linsen än de rödas. I de vanliga apparaterna gör det naturligtvis ingenting, om vi se föremålen med något färgade kanter. Men i de finare optiska instrumenten, såsom tuber, mikroskop, fotografiska instrument o. s. v., har det stort inflytande på bildens redighet, och det är nödvändigt att så mycket som möjligt upphäfva denna strålarnas olika brytbarhet och bringa dem att konvergera till samma punkt.

Vill man begagna sig af genomskinliga kroppars ljusbrytande förmåga, tyckes det vid första påseende omöjligt att åstadkomma brytning utan spridning, och Newton sjelf förnekade möjligheten att framställa akromatiska linser, d. v. s. sådana, som åstadkomma en bild, vare sig förstorad eller förminskad, utan färgade kanter. Den store matematikern Euler framkallade genom sitt påstående, att sådana borde kunna åstadkommas, en liflig meningsstrid, hvilken afgjordes af svensken Klingenstjerna, som visade oriktigheten af Newtons åsigt. Newton hade nämligen utgått från det antagandet, att färgspridningen, d. v. s. spektrets bredd, stode i direkt förhållande till brytningens storlek. Men detta är icke förhållandet, ty det ges vissa genomskinliga kroppar, som, ehuru de obetydligt bryta ljuset, likväl gifva ett spektrum lika bredt som det, hvilket åstadkommes af andra kroppar med större brytningsförmåga. På grund häraf försökte man nu konstruera linser, som bröte ljuset utan att sprida det, ett problem, hvars lösning för förfärdigandet af noggranna tuber var af den största vigt.

En adlig godsegare i grefskapet Essex i England, sir Chester More Hall, som för sitt nöjes skull sysselsatte sig med fysikaliska studier, säges ha varit den förste, som löste problemet. Han skall nämligen redan 1729 ha konstruerat akromatiska linser och 1733 äfven akromatiska tuber, men hemlighållit sin upptäckt. För att ej förråda sin hemlighet lät han göra de olika delarna af sina linser, hvilka bestodo af två särskilda glassorter, hos olika fabrikanter, men just härigenom blef hemligheten upptäckt. Ty Dollond, den berömde optikern, hvars tuber på den tiden allmänt ansågos för de bästa, beställde sina glas hos samma fabrikanter som Hall, och det förundrade honom att på olika verkstäder anträffa linser, som hade vissa mått gemensamma med hvarandra och hvilka han vid efterfrågan fann vara beställda af en och samma person. Härunder anande en hemlighet, jemförde och undersökte han noga glasen och fann sålunda det förfaringssätt, som skulle göra de optiska vetenskaperna de största tjenster, ty derigenom blef möjligt att med mikroskop och tuber åstadkomma betydliga förstoringar, utan att bilden förlorade i tydlighet. Huru härmed verkligen förhåller sig och om någon annan före Dollond gjort denna upptäckt, behöfva vi här ej undersöka. Men förhåller sig saken äfven så, som berättelsen förmäler, synes oss Dollond, som gjorde upptäckten fruktbärande, ega vida större anspråk på äran deraf än den besynnerlige tvärviggen, som behöll hemligheten för sig sjelf.

Taga vi två prismer, *A* och *B*, det förra af kronglas med en brytande vinkel om 25^0, det andra af flintglas med en brytande vinkel om ungefär 12^0, och undersöka deras spektrer, skola vi finna, att färgspridningen i båda spektrerna är den samma, ehuru strålarna ej i båda blifvit lika starkt brutna, ty då kronglasprismat ger en afvikning af omkring $13{,}65^0$ uppgår hon hos flintglasprismat till blott ungefär $8{,}03^0$. Det ena spektret är således lika bredt som det andra. Hopställa vi nu de båda prismerna på det sätt fig. 243 visar, så att de brytande kanterna äro vända ifrån hvarandra, blifva strålarna i det spektrum, som åstadkommes af prismat *A*, åter brutna i motsatt

riktning af prismat *B* o. s. v., och emedan det sistnämda bildar ett lika bredt spektrum som det förra, sammanbrytas de violetta med de röda och lika så alla mellanliggande färger till en och samma punkt, hvarest således uppstår fullkomligt hvitt ljus. Färgspridningen är upphäfd, men, och detta är det förnämsta, icke brytningen. Af den genom prismat *A* betingade afvikningsvinkeln om nära 14° har prismat *B* blott kunnat upphäfva 8°. Återstoden 6° kommer optikern till godo.

Man inser lätt, att man med linser kan åstadkomma samma verkan som med prismer, om man förenar en konvexlins af kronglas och en konkavlins af flintglas med hvarandra, och i sjelfva verket skall redan Hall så äfven förfarit. Dollond och Fraunhofer ha likväl bragt dessa linser till en hög grad af teknisk fulländning, och de utföras ännu enligt de af den förre gifna reglerna. Förhållandet mellan ytornas radier kan beräknas efter glassorternas brytande kraft. Linsens båda beståndsdelar ha på de ytor, som skola läggas emot hvarandra, alldeles samma brytning, så att de, om intet bindmedel lägges emellan, beröra hvarandra på alla punkter. Men för att fästa dem vid hvarandra anbringar man ett mellanlägg af canadabalsam, som är fullkomligt genomskinlig och ej inverkar menligt på ljusstrålarnas gång. När vi alltså i det följande vid omtalande af nya optiska instrument nämna linser, menas alltid, der ej undantag särskildt göres, akromatiska linser af någon bland de former, som i fig. 244 finnas afbildade.

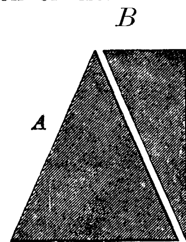
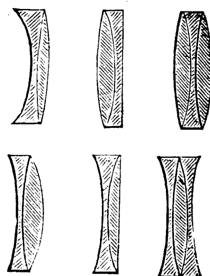


Fig. 243. Akromatiskt prisma.

Linsers slipning. Om den kemiska sammansättningen af de allmännast brukliga glassorterna skola vi i fjerde bandet, i afdelningen om glastillverkningen i allmänhet, lemna närmare besked; här skola vi blott omnämna det sätt, som användes att gifva glasen deras riktiga bugtning, emedan detta är det för optiska ändamål hufvudsakligaste. Konsten att slipa linser af glas öfvades först i Holland i större skala. Uppfinningen är dock vida äldre. Den bestämda tiden, då hon blifvit gjord, är väl ej med visshet känd, men äfven om man med nödig varsamhet mottager uppgiften, att ett antikt optiskt glas, en plankonvex lins af nära 3,75 tums brännvidd, nyligen blifvit funnet i Ninives ruiner, ty ingenting ger oss anledning tro, att de gamla assyrerna öfvat denna konst, är det dock visst, att de gamla romarna kände linser af bergkristall och glas.


Fig. 244. Akromatiska linser.

Starkare linser gjutas antingen först och slipas sedan, eller utslipas de ur tjocka glasstycken; större svårigheter möter det att utskära dem ur flata glasplattor. De bearbetas vidare genom slipning på slipskålar, som för slipning af konvexa glas äro konkava och för konkava konvexa. Hvarje bugtning fordrar sin särskilda skål, som förfärdigas på det sätt, att man först gör

två schabloner af messingsbleck, som noga passa till den böjning, den önskade linsen skall hafva, och af hvilka den ena har bugtningen utåt, den andra inåt. Efter dessa schabloner svarfvas sedan två skålar, hvilka sorgfälligt utarbetas och derefter afslipas med fin smergel, hvarigenom de blifva både glättade och justerade. De skålar, som man vill begagna till slipning, fäster man nu på en vanlig trampslipinrättning, som under arbetet sättes i möjligast hastiga rotation kring en vertikal axel. Glasstycket fästes på ett slags skaft, skålen bestrykes med vatten och smergel, glaset tryckes lätt deremot, och under det skålen roterar, ändras allt som oftast linsens ställning på den samma, hvarigenom han noga antager skålens bugtning. Ju längre arbetet fortskrider, desto finare smergel måste användas. Har linsens ena sida erhållit sin riktiga form, vändes han om, och den andra ytan bearbetas på samma sätt. Sin polityr erhåller han slutligen i samma skål, som för detta ändamål bestrykes med ett lager af beck eller kolofonium, hvilket man genom en intryckning af den andra skålen gifvit den riktiga formen. På blecket anbringas polerpulver, och arbetet fortgår på samma sätt som slipningen. Ehuru polerpulvret förnämligast angriper glaset, lider äfven messingen en icke obetydlig nötning, i följd hvaraf de sista linserna måste allt mer afvika från dem, som först slipades. För att förekomma detta utsmerglas skålen emellanåt med motskålen.



Fig. 245. Solbilder i fullt solljus.

Linserna hade länge blott en underordnad användning; de begagnades till brännglas, förstoringsglas, glasögon, enkla luper och behöfde för dessa ändamål blott en mindre noggrann bearbetning.

Ej ens de för sin ovanliga storlek bekanta linser, hvilka stundom blifvit framstälda och genom hvilka särskildt den sachsiske adelsmannen Tschirnhausen gjort sig bekant, kunde åstadkomma några väsentliga framsteg. Tschirnhausen anlade på ett af sina gods i Oberlausitz en vattenqvarn för att slipa sina glas och förfärdigade med dess tillhjelp brännglas af öfver 3 fots diameter och ända till 13 fots brännvidd; med dessa linser kunde man visserligen koka fiskar och kräftor i vattnet, men någon större nytta gjorde de ej.

Den tiden ansågs naturligtvis detta kuriosum som något ytterst intressant. Helt andra äro de resultat, som nutidens optiker måste söka uppnå, och de maskiner, han för detta ändamål konstruerat, vitna om den största skarpsinnighet och den yttersta noggranhet.

En fullständig beskrifning öfver en anstalt, sådan som det optiska institutet i München, hvilket, grundadt af Utzschneider och Reichenbach, under Fraunhofer och sedermera under Steinheil och Merz lemnat verldsberömda instrument, skulle upptaga en bok för sig. Vi afstå således härifrån och vända oss hellre till betraktande af den apparat, som så väl i vetenskapligt som praktiskt hänseende förtjenar anses som den vigtigaste.

Camera obscuran. Hvilken af våra läsare har ej, medan han suttit under ett skuggigt träd, mellan hvars löf solens strålar föllo på den hvita ytan af en bordduk eller på den hvita sanden, förundrad gjort den anmärkningen, att alla de särskilda ljusfläckarna hade en rund form, att de ej afbildade de oregelbundna öppningarna mellan bladen, utan alla hade en och samma skapnad? De äro små solbilder, hvilkas konturer endast bestämmas af den yttre formen hos ljuskällan sjelf. Man kan öfvertyga sig härom, om man ger akt härpå vid en solförmörkelse, då vi ej se solen som en rund skifva, utan i form af en skära. De små solbilderna visa sig då på marken ej mera som plana, fulla solbilder, utan hafva en form, som äfvenledes liknar en skäras.



Fig. 246. Solbilder under partiel solförmörkelse.

Ännu mera öfverraskande är följande lätt anstälda försök. Man gör en kammare fullständigt mörk och anbringar midt emot fönsterluckan, i hvilken en rund öppning om 0,8 tums diameter blifvit utskuren, en hvit yta. Dertill kan man använda en utspänd, hvit duk eller ett i en ram spändt, hvitt papper. Så snart öppningen i luckan blifvit gjord, så att ljus derigenom kan inströmma, synes på den motstående väggen hela den omgifvande trakten, hus och träd, moln och menniskor med sina naturliga färger och i full rörelse, sådana

de i verkligheten äro, men allting är upp- och nedvändt. Ju mindre öppningen är, desto skarpare äro konturerna, men desto ljussvagare äfven bilden.

Välja vi, för att förklara detta fall, ett enstaka föremål, t. ex. ett hus, hvarifrån strålarna genom den trånga öppningen skola falla på väggen, inses lätt af fig. 247, hvarför tornet *a* måste synas vändt nedåt och foten *b* uppåt. Ju närmare intill öppningen man ställer skärmen, desto mindre, och ju längre man aflägsnar honom derifrån, desto större, men äfven desto svagare belyst blir bilden.

Vi ha egentligen redan här en camera obscura, då den apparat, som vi särskildt beteckna med detta namn, endast skiljer sig derifrån genom tillägget af spegel och linser, hvarigenom bilden dels bringas i riktig ställning och dels hans konturer göras skarpare. Apparaten befinner sig i en mörk



Fig. 247. Camera obscura.

kammare, på det att bildens tydlighet ej må lida af annat ljus. Öppningen, hvarigenom ljusstrålarna utifrån inkomma, är vida större än i fig. 247. En passande spegel uppfångar ljuset och kastar det tillbaka på en samlingslins, som befinner sig i ett flyttbart rör och har till ändamål att till en verklig bild sammanbryta de strålar, hvilka låta uppfånga sig på den hvita ytan. Utan linsens förmåga att samla strålarna skulle med den stora öppning, man för ljusstyrkans skull använder, ingen bild uppkomma.

En annan flyttbar camera obscura är den i fig. 248 afbildade. Hon utgör en fyrkantig, tillsluten, inuti svartmålad låda och begagnades förr vid afteckning af landskap, hvartill hon visade sig tjenlig, emedan man uppfångade bilden på ytan af ett oljadt eller halfgenomskinligt papper och sedan kunde afteckna de tydligt genomskinande konturerna. Den inre anordningen är omvänd mot den föregående. Vi se, huru ljusstrålarna först måste

passera linsen, som sammanbryter dem med hvarandra, och först sedan medelst den bugtiga spegeln kastas på glasplattan. Är den senare mattslipad, synes bilden på den samma, förutsatt att linsen är riktigt instäld, hvilket kan ske medelst det skjutbara främre röret. Är glasplattan helt och hållet genomskinlig, måste man uppfånga bilden på ett genomskinligt papper. Hufven tjenar till bländglas för att hindra ljuset att intränga från sidan.

Camera obscuran hör till de mest använda optiska instrument, ty hvarje fotograf begagnar och måste begagna sig deraf. Hon uppfans redan i medlet af 16:e århundradet af napolitanen Porta, hvilken sysselsatte sig med undersökningar af ögat, men har först i det senaste århundradet nått sin största fullkomlighet, sedan hon spelt ut sin rol som en roande leksak och antagit den vigtigare af ett i praktiskt hänseende nyttigt instrument. De fotografiska apparaterna hafva ej blott en enda lins, utan hela linssystem för att undvika så väl den sferiska som den kromatiska afvikelsen.

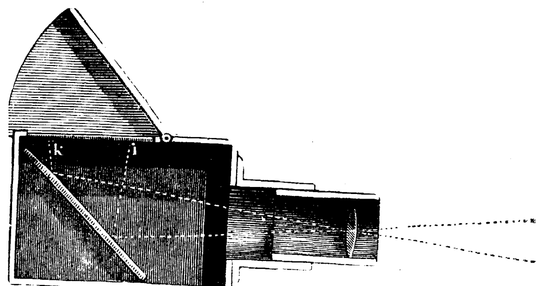
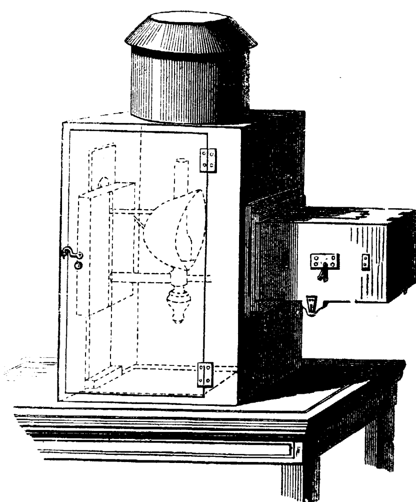


Fig. 248. Portativ camera obscura.

Laterna magican eller trollyktan. Denna apparat har redan länge varit bekant och uppfans sannolikt af Athanasius Kircher omkring 1640, churu många påstå, att Roger Bacon 400 år förut begagnat sig af henne. Hon har på senare tiden åter kommit i bruk, emedan man betjenar sig af henne för att åstadkomma så kallade dimbilder (dissolving views) och vid förstoring af mikroskopiskt små föremål. Apparaterna för sistnämda ändamål kallas, allt efter som ljuskällan utgöres af en vanlig lampa, ett i brinnande hydrooxygengas glödande kalkstycke eller solen sjelf, lamp-, hydrooxygengas- eller solmikroskop. I sin inre sammansättning skilja de sig ej väsentligt från laterna magican. Denna består till sitt yttre af en helt och hållet tillsluten låda med ett på ena sidan utskjutande rör (fig. 251). Inuti denna låda befinner sig en klart brinnande lampa och bakom denna en konkav spegel, som kastar alla strålarna parallela framåt. I röret stå två konvexa linser (bäst är att använda en plankonvex och en bikonvex); mellan den andra linsen och lågan,


Fig. 249. Laterna magica.

något bortom de båda linsernas gemensamma brännpunkt, finnes en öppning för inskjutning af en glasplatta, på hvilken det föremål, som skall framställas, är måladt med genomskinliga färger. De bilden genomgående ljusstrålarna brytas och korsas af linserna. Uppfångas de på en yta, uppstår således en omvänd bild af målningen, och denna bild växer med afståndet mellan apparaten och den uppfångade ytan, emedan de färgade strålarna komma divergerande från linsen. För att bilden skall bli rättvänd, måste målningarna inskjutas i upp- och nedvänd ställning. Bilden uppfångas antingen i en tät rök eller

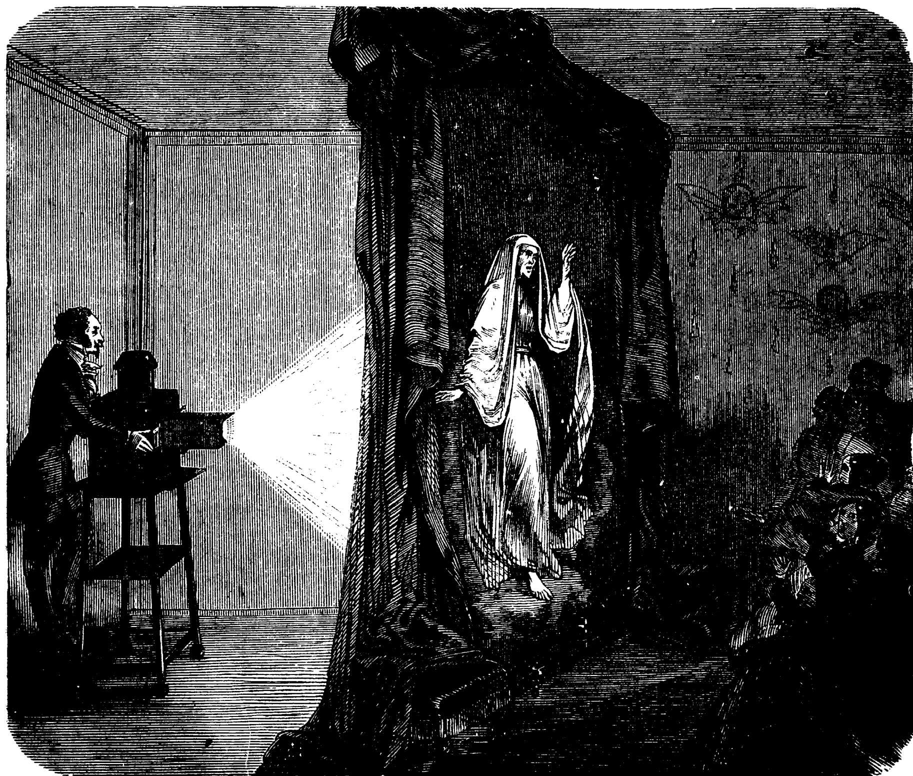


Fig. 250. Robertsons fantaskop.

på en hvit vägg. Använder man en med genomskinligt muslin öfverspänd ram, synes hon på båda sidorna. Naturligtvis beror trollyktans effekt mycket på den omsorg, hvarmed målningarna äro utförda, och förstärkes ännu mer, om de omålade delarna af glaset göras mörka, så att bilden klart framträder på mörk grund. Hvita bilder inristas i den svarta färg, hvarmed glasplattan på ena sidan är öfverdragen. Den berömde luftseglaren Robertson gaf i början af detta århundrade förevisningar i andeskådning, som satte hela verlden i häpnad. Länge kunde ingen utgrunda, hvilka medel han använde, och det dröjde flera år, innan hemligheten upptäcktes. Det var ingenting annat än laterna

magican, som med några mekaniska och teatraliska tillbehör af Robertson kallades fantaskop. Man tänke sig åskådarplatsen genom en mellanvägg helt och hållet skild från det rum, der konstnären opererar. En midt på denna vägg befintlig skärm af uppspändt muslin döljes af draperier, som ej borttagas, förr än strax före representationens början allt blifvit mörkt.

Men då ej heller bakom muslinsväggen något annat ljus finnes än det, som med bilden sjelf kommer ut ur trollådan, ser man ej den tunna väfven, utan blott en figur, som tyckes sväfva i luften och än kommer åskådaren fasaväckande nära, än aflägsnar sig. Dessa olika intryck åstadkommas på ett mycket enkelt sätt. Ju längre trollyktan står från skärmen, på hvilken bilderna framträda, desto större, och ju närmare hon är, desto mindre blifva dessa bilder. Står hon alldeles invid skärmen, äro de naturligtvis föga större än rörets öppning. Men åskådaren på andra sidan tycker, att de små bilderna äro aflägsnare, de större deremot närmare honom.

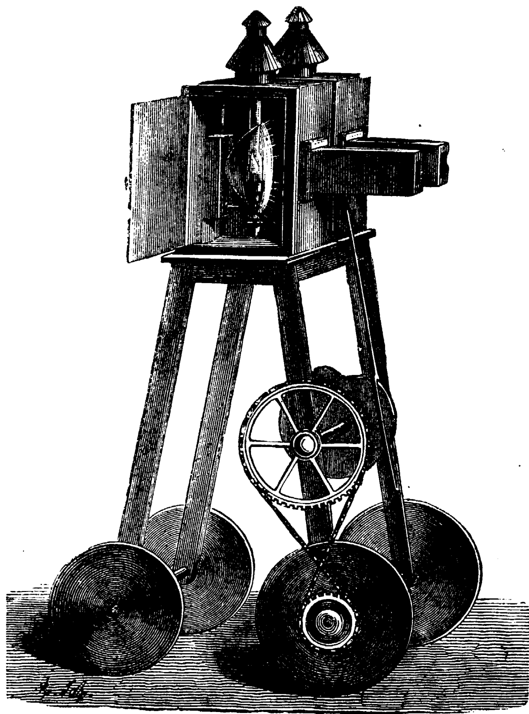


Fig. 251. Laterna magica för dimbilder.

Vidare har röret en draglåda, hvarmedelst man kan förändra linsernas inbördes afstånd och derigenom låta bildernas konturer framträda skarpare eller svagare, hvarigenom intrycket af ett aflägsnande blir ännu mera förvillande. För att göra skådespelet ännu naturligare behöfdes blott något sätt att få de bilder, som samtidigt framstäldes inom ett litet rum, att ej på samma gång till- eller aftaga i styrka. Detta kan utan svårighet åstadkommas genom en framför linsen befintlig rörlig skärm, som Robertson kallade kattögat och hvilken man kan tänka sig som en sax med breda halfmånformiga blad, som ligga på båda sidor om den främre linsen och låta på det sätt sammanföra sig öfver den samma, att hvarje grad af ljussvaghet ända till fullkomligt mörker kan åstadkommas. Genom lämpliga kombinationer af dessa utvägar, apparatens aflägsnande och närmande, förändring i ljusstyrka och linsernas förflyttning, åstadkommas nu andesynerna.

En passande musik, en konstgjord åska, storm eller regn voro särdeles egnade att förstärka intrycket. Så väl konstnären som apparaten förrätta

naturligtvis sitt arbete under djup tystnad, i det den senare flyttas från ett ställe till ett annat på rullar, öfverdragna med kläde.

De användningar, man gjort af laterna magican och andra dylika apparater, äfvensom af solmikroskopet, hafva till största delen inskränkt sig till vanliga förevisningar. Men under den senaste belägringen af Paris var laternan för parisaren ett särdeles nyttigt instrument, emedan det blott med hennes tillhjelp var honom möjligt att underhålla en, om än osäker korrespondens med den yttre verlden. Som bekant, skedde befordringen af bref från staden medelst luftbalonger. Men äfven om det lät sig göra att afskicka en luftbalong med utsigt, att han skulle nedfalla inom ett vänskapligt område, hvarifrån hans innehåll sedan kunde befordras vidare, var det dock omöjligt att på samma väg utifrån inkomma i staden. Återvändande brefdufvor, som man förut i balong bortfört från Paris, erbjödo den enda utvägen härtill. Man förstod äfven att i vidsträckt skala och på ett utmärkt väl organiseradt sätt begagna sig deraf. Med tillhjelp af fotografiska reduktionsapparater öfverfördes bref, depescher, ja, hela tidningsblad i de minsta möjliga dimensioner på ett enda blad, som ej fick vara större, än att det fick rum i en liten fjäderpåse, hvilken man fäste under dufvans vinge. Vid afsändningen begagnade sig fransmännen af den fotografiska negativa bilden, hvarigenom de tillika vunno den fördelen, att de sluppo en dubbel fotografisk öfverföring, och voro då äfven försäkrade om, att ingen, som ej egde en lämplig förstoringsapparat, kunde läsa skriften, ty så systematiskt kriget än fördes från tyskarnas sida, hade de likväl ej tänkt på att förse sig med fotografiska apparater och mikroskop. I Paris blefvo de blad, som innehöllo hela samlingen af enskilda korrespondenser, först på fotografisk väg förstorade, derpå med ett lamp- eller hydrooxygengasmikroskop afbildade på en slät vägg, der man läste brefven, hvarefter de afskrefvos och befordrades till sina respektive adresser.

Dimbilder. Genom det för några år sedan från England till kontinenten spridda bruket af trollyktan för framkallande af dessa bilder väckte hon nytt intresse. De vanligen använda apparaterna af detta slag bestå af två lådor, så sammanstälda, att deras öppningar äro riktade mot en och samma punkt på skärmen, så att båda ljusmassorna der förenas till en enda. Inskjuter man i den ena lådan en glasbild, under det man skymmer ljuset i den andra, ser man blott en enda bild. Men bilden kan i vår åsyn förvandlas till en annan, som redan finnes färdig i den andra lådan, hvilken ännu är mörk. Detta fenomen åstadkommes på det sätt, att man småningom helt och hållet förmörkar den första lampan och låter mera ljus i samma mån utströmma från den andra. Härigenom börjar den först synliga bilden förblekna och blifva otydlig, ty dess färger och konturer blanda sig småningom helt och hållet med den nyas, hvilka emellertid blifva allt mera tydliga och slutligen framstå i hela sin klarhet. Har man ej någon rörlig skärm, något kattöga att tillgå, kan öfvergången åstadkommas på det sätt, att man genom lampans upp- och nedskrufvande ger bilderna den önskade ljusstyrkan. Förvandlingen af ett sommar-

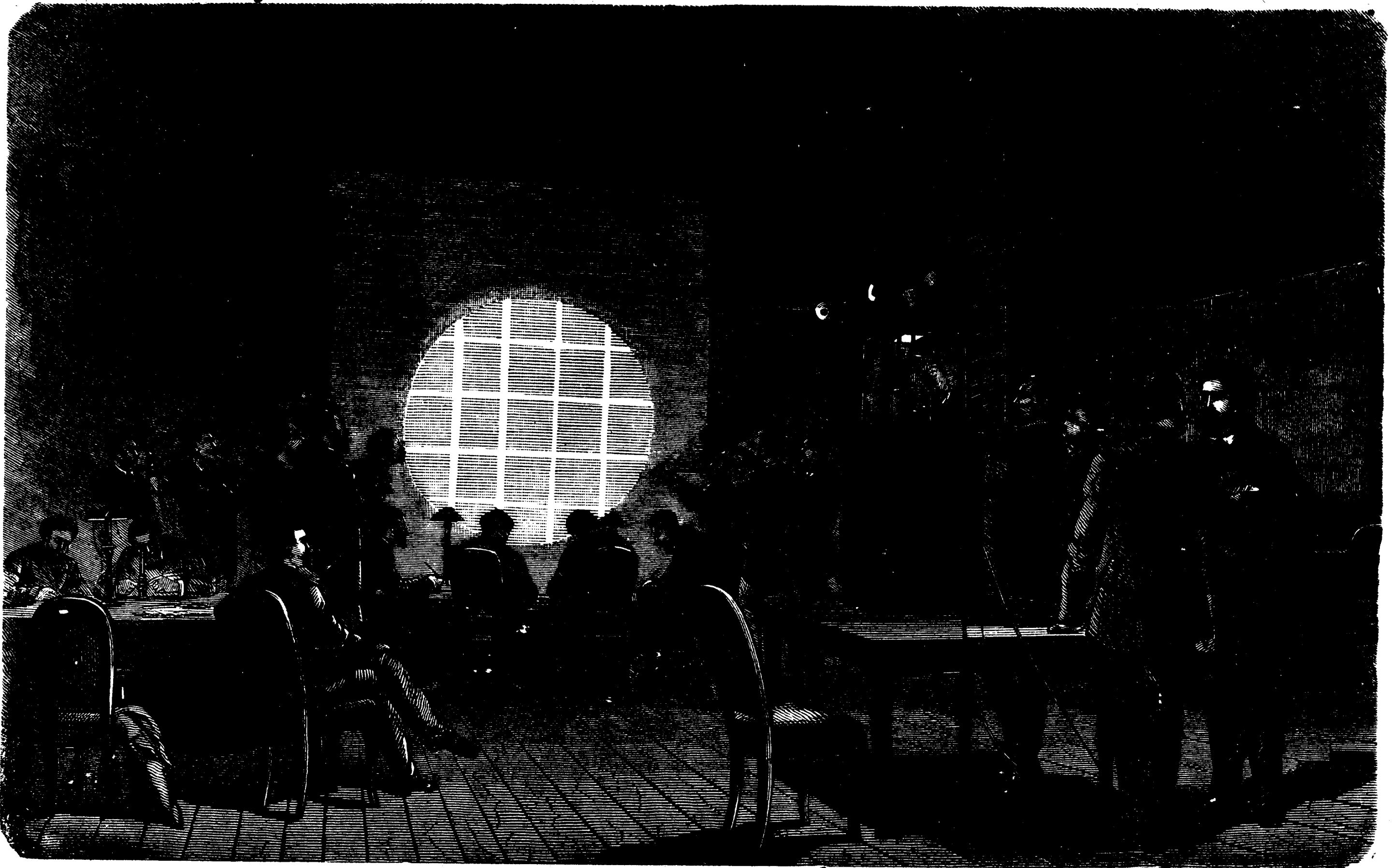


Fig. 252. Förstoring af fotografiska depescher medelst laterna magica under belägringen af Paris.

landskap till ett vinterlandskap med samma hus, berg, träd o. s. v. lyckas förträffligt på detta sätt, och det är i högsta grad öfverraskande att se detta framträdande af en alldeles ny tafla, hvars tillkomst vi ej kunna förklara och som redan står färdig för våra blickar, innan vi hunnit hemta oss från vår förvåning.

Det finnes ännu flera små hjelpmedel för vinnande af omvexling vid dylika förevisningar. Så kan man ställa flera glas bakom hvarandra och genom att föra dem fram och tillbaka åstadkomma rörelse i en trakt, låta ett bantåg gå fram eller dylikt. Snöfall åstadkommas derigenom, att man framför en tredje laterna magica på en rulle vefvar en pappersremsa nedifrån uppåt. I denna remsa äro förut hål stuckna med en knappnål.

Undercameran. En optiker i Hamburg vid namn Krüss har sedan några år gifvit laterna magican en ny intressant användning och bragt henne i handeln under namn af undercameran. Då man nämligen vid den vanliga laterna magican måste använda målningar på glas, som i följd af sina skarpt begränsade konturer och genomskinliga färger blifva synliga, har Krüss uppfunnit en metod att på skärmen visa förstorade bilder äfven af ogenomskinliga föremål, såsom bilder på papper, medaljer, blommor, ur med sina rörliga visare o. s. v. Han sätter föremålet i en medelst en lampa och en konkav spegel starkt belyst låda och låter de från föremålet reflekterade strålarna gå genom en lins, som på en närstående hvit vägg visar en förstorad bild deraf. Den effekt, denna enkla apparat åstadkommer, är särdeles angenäm och kan lätt på ett sinnrikt sätt mångfaldigas.



Ögat. Panoraman, kromatropen och stereoskopet.

Ögat ett optiskt instrument. — Dess inrättning och egenskaper. — Seende med ett öga. — Näthinnebilden. — Synvinkeln. — Månens skenbara storlek. — Perspektivet. — Hjelpmedel för den perspektiviska teckningen. — Panoramor och dioramor. — Ljusförnimmelsens hastighet. — Kromatropen. — Subjektiva ljusförnimmelser. — Färgharmonin. — Seende med två ögon. — Stereoskopet och dess historia. — Wheatstone. — Brewster. — Spegel- och prismstereoskop. — Helmholtz' telestereoskop.

Vi bära ständigt på oss den fullkomligaste camera obscura, som gerna låter tänka sig. Om också fotografens apparater kunna åstadkomma bilder, hvilkas detaljer vi endast med mikroskopet kunna uppfatta, är dock vårt öga en ännu vida finare apparat. Alla de hinder och svårigheter, som förr stälde sig i vägen för en tillfredsställande förklaring af seendets fenomen, falla vid användningen af en riktig undersökningsmetod af sig sjelfva, och vi fråga oss häpnande, om vi mera skola beundra orsakernas och lagarnas enkelhet eller det underbara i de verkningar, naturen dermed förstår frambringa.

Många århundradens ansträngningar och spekulationer hade ej förmått gifva oss någon inblick i ögats verksamhet. Så länge man ej öppnade den inre verkstaden, måste man förblifva i okunnighet om, hvad der inne föregick. Visartaflan på ett tornur förråder mycket förr den mekanism, som gömmer sig der bakom, än det yttre ögat det maskineri, det innesluter. Men medan hvarenda lärgosse kan springa upp i tornet för att taga reda på orsaken till visarens rörelser, stodo i årtusenden mästarna utanför ögat och menade, trodde, förmodade, påstodo det och det, men visste intet.

Först då anatomens skarpa knif med ett beslutsamt snitt öppnade det yttre omhöljet, uttog de särskilda delarna och pröfvade så väl hvarje del till dess egenskaper som allesammans till deras förenade verkan, först då blef det ljus. Det är åt en sådan anatoms ledning, vi nu på en stund vilja anförtro oss.

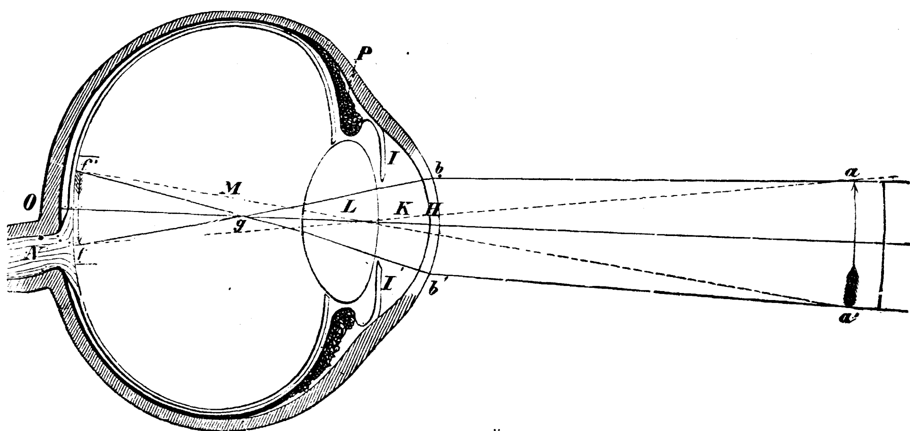


Fig. 254. Ögat.

Han tar ett oxöga, ty de högre organiserade djurens ögon äro alla hufvudsakligen lika, och fäster först och främst vår uppmärksamhet på dess sferiska form (fig. 254), ögongloben. Denna är rundt omkring omgifven af en fast hinna *O P*, hvilken på sin främre yta *H* är genomskinlig, men för öfrigt ogenomskinlig. På den bakre ytan se vi den afskurna synnerven *N*, som öfverför ljusförnimmelsen till hjernan.

Under den dissektion af det inre ögat, han nu företager, visar han oss följande delar, den ena efter den andra. Strax bakom den genomskinliga hornhinnan *H* ligger en färgad hinna *II*, iris, efter hvars färg man kallar ögat brunt, blått o. s. v. Hon är i midten genombruten, och genom denna öppning, pupillen, träda ljusstrålarna in i linsen *L*, af hvilken de brytas och på ögats bakre vägg, näthinnan, *ff'*, förenas till en förminskad bild. Det inre rummet *M* bakom linsen är fyldt med en genomskinlig, geleartad massa, glaskroppen, och dess botten öfverdragen med en svart, finådrig hinna, som gör det till en verklig camera obscura. Det främre rummet *K* emellan hornhinnan och linsen innehåller en klar, något saltaktig vätska. Näthinnan sjelf är ingenting annat än den ytterst fina förgreningen af synnerven.

Tränga nu från *aa'* ljusstrålar in i ögat, undergå de redan vid passagen genom den genomskinliga hornhinnan *bb'* en afvikning, och den betydligaste af alla, ty de medier, som ljusstrålen på vägen till näthinnan har att passera, skilja sig till sina brytningsförhållanden mycket litet ifrån hvarandra. Linsen är på visst sätt endast en förfiningsapparat; genom förändring af läge och kullrighetsförhållanden verkar han nämligen, att strålarna, de må vara parallela eller mer och mindre konvergerande, i ett normalt öga alltid förena sig på näthinnan i *ff'*, och gör det sålunda möjligt att tydligt urskilja föremålen på mycket olika afstånd. Dessutom gör han sannolikt bilderna akromatiska.

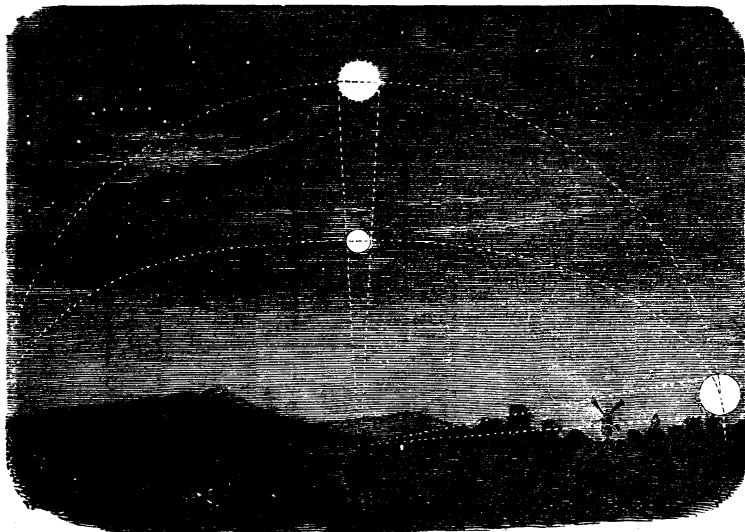


Fig. 255. Månens skenbara storlek.

Är linsen så beskaffad, att föreningspunkten för de från medelafståndet kommande strålarna eller bilden faller framför näthinnan, skola de strålar, som från ett närmare afstånd intränga i ögat, kunna förena sig på näthinnan och der frambringa skarpa bilder, de deremot, som komma från aflägsnare föremål och förena sig framför näthinnan, der endast frambringa otydliga bilder, emedan strålarna här redan åter divergera. Sådana ögon kallar man närsynta; linsen har här en allt för kort brännvidd och är allt för mycket kullrig. Denna olägenhet kan afhjelpas genom motsvarande spridningslinser; derför äro också glasen i glasögon för närsynta bikonkava linser. Hos långsynta eger det motsatta förhållandet rum: den tydliga bilden skulle uppstå först bakom näthinnan, och strålarna måste derför genom användning af konvexa glas göras mera konvergerande.

Seendet med ett öga. Den ansträngning, vi göra för att inrikta vårt öga för olika afstånd, kalla vi ögats ackommodation. Sannolikt har den dertill erforderliga muskelverksamheten ett ej obetydligt inflytande på vår före-

ställning, ty äfven om vi blott se med ett öga, känna vi tydligt, hvilkendera af två punkter är den närmare och hvilken den aflägsnare. Afståndet, hvartill ett föremål kan aflägsnas utan att förlora i tydlighet, har dock sin gräns; så t. ex. kan skrift af normala ögon endast ses på ett afstånd af mellan 7 och 15 tum. Detta afstånd kallas synvidden.

Dessutom framkalla ej heller alla punkter på näthinnan lika skarpa intryck. Om vi vilja noga betrakta en sak, rikta vi vårt öga så, att strålarna infalla i ögats midtlinie (ögonaxeln). Är sålunda synfältet alltid mycket inskränkt och kunna vi följaktligen ej lika skarpt uppfatta mera omfattande bilder i alla deras delar, motväges dock denna skenbara ofullkomlighet fullständigt genom ögats utomordentliga rörlighet, som tillåter oss att med största hastighet bringa just de punkter till åskådning, på hvilka våra tankar äro fästa.

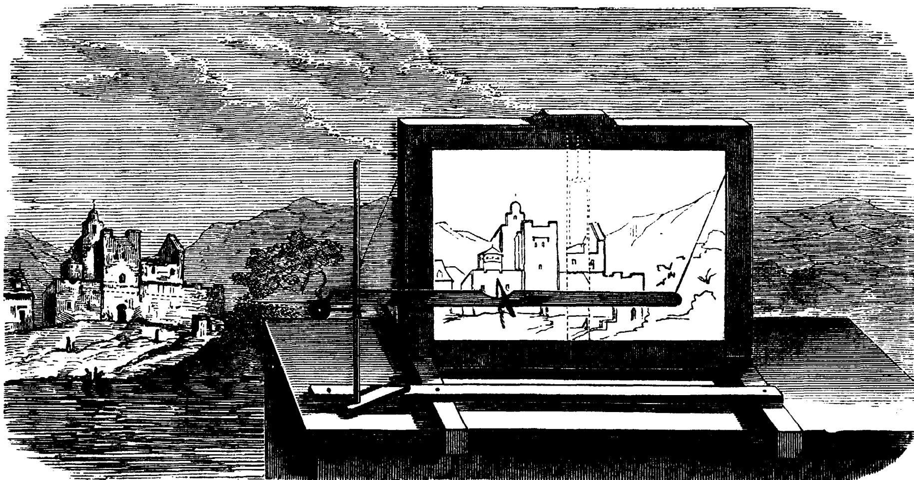


Fig. 256. Wrens maskin till aftagande af perspektiviska landskap.

Ett synligt föremåls skenbara storlek rättar sig efter synvinkelns storlek, d. v. s. storleken af den vinkel, som bildas af de strålar, hvilka från dess yttersta punkter gå till vårt öga. Med denna synvinkel kombinera vi i tanken afståndet och kunna vid en riktig uppfattning af det samma göra oss en föreställning om den verkliga storleken. Huru mycket härvid beror på den senare omständigheten, bevisar det allt jemt på nytt uppdykande påståendet, att månen, när han står långt ned vid horisonten, ser större ut, än när han står högt på himmeln. Denna ganska märkvärdiga illusion har sin orsak, ej i en förändring af synvinkeln, ty denna är för båda ställningarna fullkomligt den samma, utan beror derpå, att vi, i följd af luftlagrens olika tjocklek vid horisonten och i zenit, se himlahvalfvet, hvarpå stjernorna synas oss fästa, ej som ett halfklot, utan som ett tillplattadt hvalf, och sålunda i föreställningen gifva månen, när han står lågt, ett större afstånd, än när han står

öfver våra hufvuden. Fig. 255 ger en åskådlig framställning af detta förhållande.

På synvinkelns förändring med växande afstånd grundar sig deremot perspektivet, hvars riktiga iakttagande kan gifva tecknade föremål en stor åskådlighet. Kännedomen af perspektivets regler förutsätter en skarp naturiakttagelse; vi anträffa honom derför också först på folkens högre bildningsstadier. Ännu på bilder från medeltiden se vi en teckning, som i afseende på perspektivisk anordning har en stor likhet med kinesiska taflor.

För att på en yta så troget som möjligt återgifva landskap, statyer och dylikt har man flera hjelpmedel. Det enklaste är, när man emellan ögat och föremålet, som skall afbildas, uppställer en glastafla och på denna aftecknar konturerna omedelbart efter naturen. Men då härvid hvarje rubbning af ögat skulle ha till följd en total rubbning af bilden, har man, på sätt fig. 256 utvisar, gifvit ögat en fast hållpunkt derigenom, att man med teckningsytan fast förenat ett visir, genom hvars lilla öppning tecknaren betraktar landskapet. Bilden uppritas ej på glastaflan, utan omedelbart på papperet. Man begagnar sig för detta ändamål af en pantograflik ram, på hvilken ritstiftet är fäst och som i ena ändan är försedd med en visare, hvars spets föres öfver landskapets konturer.

Panoraman. Huru långt en perspektiviskt riktig teckning kan drifva illusionen, derpå gifva panoramorna det bästa beviset. De äro målningar, som på det sätt framställa ett landskap eller en scen, att åskådaren liksom befinner sig midt uti dem. Duken, hvarpå de äro målade, är derför också vanligen utspänd i en rotunda och omgifver åskådaren på alla sidor. Målningens perspektiv är beräknadt efter åskådarens ståndpunkt; från hvarje annan punkt visa sig bilderna förvridna och få ungefär ett sådant utseende som de ha på fig. 257. Äfven från den rätta synpunkten sedda, skola de först då åstadkomma full illusion, sedan man aflägsnat alla störande sidointryck. Så t. ex. skall den lilla teckningen på fig. 257 visa föremålen i deras rätta förhållanden, om man i ett kort sticker ett rundt hål af ungefär ett knappnålshufvuds storlek och ställer kortet så, att den runda öppningen befinner sig ungefär två och en half tum framför och lika högt öfver den horisontalt liggande afbildningen, samt derefter låter ögat röra sig på ett litet afstånd bakom kortet, så att den ena delen efter den andra blir synlig genom det lilla hålet.

På samma sätt äro nu panoramornas målningar inrättade. Då redan Albrecht Dürer med fullkomlig noggranhet utvecklat och uppstält reglerna för perspektivet, är det ej osannolikt, att mindre panoramamålningar länge funnits. Breisig skall 1763 i Danzig visat en panorama, men det är först sedan 1793, som sådana rundmålningar i större skala blifvit offentligt förevisade. Detta år uppstälde nämligen Barker i London en panorama, som förestälde trakten kring Portsmouth och ön Wight. Från denna tid blefvo dessa förevisningar allt mera omtyckta och allmänna. I synnerhet ha de parisiska panoramorna, af hvilka de första voro ett verk af landskapsmålaren Prevost,

vunnit en stor ryktbarhet. Namnet Passage des panoramas erinrar ännu om platsen för den första utställningen. För sextio år sedan stodo här två rotundor med en diameter af ungefär 50 fot. Det var den prevostska teatern. Allmänheten var förtjust öfver hvad hon här fick se, och hennes uppmuntran föranledde snart uppförandet af en större bygnad.

Efter Prevosts död upprullade öfverste Langlois för parisarnas ögon hufvudepisoderna från det nyss slutade grekiska frihetskriget, hvari han sjelf tagit del. Hans panorama befann sig vid Rue des marais du Temple och hade nära tre gånger så stor diameter som den prevostska. Taflan öfver sjöbataljen vid Navarino, den första, som han förevisade, förstod Langlois göra i hög grad lefvande, och för att göra illusionen så fullständig som möjligt gaf han den för åskådarna bestämda platsen formen af akterdäcket på en fullt utrustad örlogsman om 74 kanoner. Rotundans midtpelare var förvandlad till en mast; den andra delen af skeppet deremot var endast målad. Duken slöt sig till bakstammen och förde blicken genast ut öfver det upprörda hafvet och de kämpande fartygen. I slutet af tretiotalet bygde Langlois en ny stor panorama, der den franska arméns strider utgjorde hufvudföremålet för framställningen.


Fig. 257. Perspektiviskt landskap för panoraman.

Den berömda panoraman öfver London, ett verk af Thomas Horner, var uppstäld i en ofantlig rotunda i Regents park. Åskådarplatsen förestälde den lilla lanterninen högst upp i kupolen på S:t Paul. I Tyskland har i synnerhet målaren Lexa gjort sig ett namn genom sina panoramor, och här i Sverige förevisade Enslen på femtiotalet utmärkta bilder af Rom, Napoli, Stockholm m. fl. städer.

Medan panoramans verkan hufvudsakligen beror på perspektivet, är det i de af Daguerre, daguerrotypins uppfinnare, först framstälda dioramorna den egendomliga belysningen, som frambringar ej mindre öfverraskande effekter. En stor genomlysande sidenduk målas på båda sidorna, men olika på hvardera. På framsidan visar han t. ex. bilden af ett solbelyst landskap, medan baksidan, som tillbehör till samma bild, innehåller en molnbetäckt himmel, ett snöfall eller annat dylikt. Färgerna väljas särskildt med afseende på deras genomskinlighet, och man kan, allt efter som ljuset endast faller på framsidan eller endast på baksidan, framkalla dessa båda effekter särskildt och i

hastig följd efter hvarandra, men tillika äfven genom samtidig verkan af det framifrån fallande och bakifrån genomskinande ljuset åstadkomma högst öfverraskande omvexlingar.

Ljusintryckets hastighet och varaktighet. Vi se ej i samma ögonblick, ljuset träffar våra ögons näthinna. Nerverna behöfva först en viss tid för att mottaga intrycket och vidare tid för att fortplanta det till hjernan, medan själen å sin sida behöfver tid för att deraf bilda sig en föreställning. Naturligtvis äro alla dessa tidslängder ytterst korta, så korta, att de helt och hållet undgå den vanliga iakttagelsen. Det oaktadt ha fysikerna och fysiologerna utfunnit metoder att på det noggrannaste mäta denna tankesnabbhet. Det har dervid visat sig, att från det ögonblick, då ljusstrålen infaller i ögat, till det, då själen får tydligt medvetande af det sedda, förflyter, olika för olika personer, $^1/_{10}$ till $^1/_3$ sekund samt att, strängt taget, alla astronomiska observationer måste korrigeras genom tillägg af detta bråktal.

Men liksom ögat behöfver tid för att upptaga ljusintryck, släpper det dem ej heller genast ifrån sig. Om vi i ett mörkt rum svänga en glimmande sticka rundt omkring hufvudet, växer den lysande punkten ut till en svans, som vid tillräckligt hastig rörelse öfvergår till en eldkrets. Blixten är blott en enda gnista, men han förefaller oss som ett zigzagformigt band, emedan intrycket, den så kallade efterbilden, några ögonblick bibehåller sig, äfven sedan bilden på näthinnan försvunnit. Många andra exempel skulle kunna anföras på samma fenomen. Vi skola dock endast välja ett och annat af dem, som innehålla några sinnrikt anbragta faktorer och behöfva en förklaring, för att dessa faktorers verkningar skola kunna lättare förstås.

Färgsnurran är den enklaste apparaten för anställande af experiment rörande efterbilderna och ljusintryckets förlängda tillvaro. Hon består helt enkelt af en massiv snurra af 5 till 7 tums diameter, hvilken man genom häftigt dragande på ett omkring axeln lindadt snöre kan försätta i en hastig rotation (fig. 258). På snurrans öfre yta kan man anbringa runda pappskifvor, som i midten hafva ett hål, hvarigenom de kunna trädas på axeln. Om nu dessa skifvor, som naturligtvis deltaga i kringsvängningen, indelas i sektorer, som äro målade med olika färger, skall den hastiga vexling af intryck, som de i snabb följd återkommande bilderna frambringa, af ögat förnimmas som en blandning af färger. Nerver och själ äro ej så snabba som snurran; de kunna ej bibehålla bilderna åtskilda, utan blanda dem tillsammans. Är pappskifvan t. ex. indelad i gula och blå sektorer, visar hon sig under kringsvängningen grön, blått och rödt gifva violett o. s. v.

Vore färgerna på skifvan fördelade som färgerna i solspektret, skulle de, alldeles på samma sätt som de brutna strålarna genom ett nytt prisma återförenas till den hvita, äfven här kunna frambringa en förnimmelse af hvitt, om ej ljuset förlorade mycket i styrka derigenom, att elementen för det hvita hos en särskild sektor fördela sig öfver skifvans hela yta och den

sammanlagda verkningen derigenom, i stället för hvitt, blir en matt, ljusfattig grå färgton.

Men man kan med en sådan snurra äfven anställa en mängd andra försök, och man har också under de senaste åren gifvit dem en form, som gör det möjligt att åstadkomma de mest olikartade verkningar. I axeln, hvars öfre del för detta ändamål är ihålig, instickas nämligen flera på olika sätt böjda ståltrådar, som vid sin rotation få utseende af runda ihåliga kroppar, såsom fig. 260 antyder. Anbringar man nu på en sådan lutande ståltråd en i målade fält indelad pappskifva, på det sätt fig. 258 utvisar, erhåller man de mest förvånande färgverkningar, idel koncentriska ringar, som vid den minsta beröring byta om färg och bredd och erbjuda de täckaste sammansättningar. Orsaken till denna nästan underbara företeelse ligger likaledes i den hastighet, hvarmed de tätt på hvarandra följande bilderna hinna ögat och förena sig till en enda bild. Omvexlingarna deremot framkallas derutaf, att genom en obetydlig stöt utifrån pappskifvan förändrar sitt läge på ståltråden, så att andra delar af henne komma att ligga utåt och nya blandningsförhållanden uppstå. Då skifvan nämligen sitter löst omkring ståltråden och

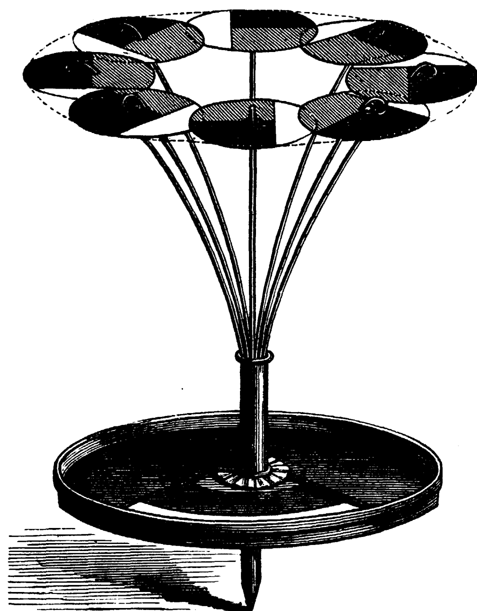
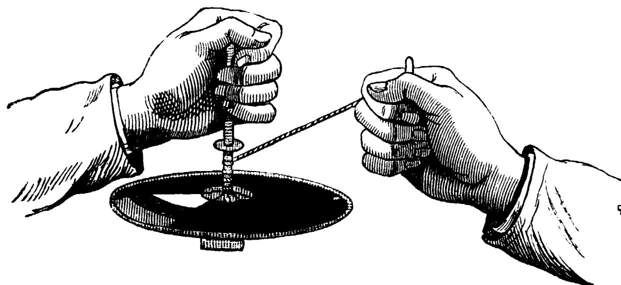


Fig. 258. Färgsnurran.



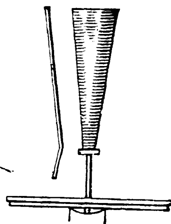


Fig. 259. Till förklaring af färgsnurran. Fig. 260.

endast genom centrifugalkraftens verkan drifves upp till den öfversta, yttersta punkten, skall af samma orsak den punkt på hennes omkrets, i hvars radie skifvans tyngdpunkt ligger, sträfva utåt. Man kan lätt öfvertyga sig härom, om man genom fastklibbande af en liten vaxbit förlägger tyngdpunkten i en

viss riktning. På vår afbildning ha vi tecknat skifvan i de olika lägen, som hon under ett omlopp efter hvartannat intager. Tänka vi oss nu hennes tre fält målade gula, röda och blå, af hvilka det sistnämda på afbildningen är utmärkt med en mörk streckning, måste med den ställning, skifvan der har, den yttersta omkretsen af hela bilden synas blå utan någon blandning af rödt eller gult. Inåt deremot skall den blå ringen mycket snart gå öfver i en grön, då den gula färgen, ju längre man kommer inåt mot centrum, allt mera får öfverhand, tills slutligen den gröna ringen alldeles slutar och en orangegul tar vid, som i sin tur, ju mer det gula aftager, allt mer öfvergår i rödt, tills den innersta kretsen slutligen helt och hållet antager denna färg. Men det behöfs blott en aldrig så liten beröring af skifvans omkrets, förutsatt att hon är noga upphängd i sin medelpunkt, för att omkasta de målade fältens läge omkring tråden och plötsligt framkalla alldeles nya färgkombinationer.

Trollkortet och trolltrumman. Något hvar torde känna de små korten, som äro målade på båda sidorna, men med olika bilder, hvilka, när man medelst en vid korten fäst tråd försatt dem i en hastig kringsvängning, i vår föreställning sammanflyta till en enda bild, som innehåller båda bildernas beståndsdelar. Så t. ex. bilda en tom bur på den ena och en fågel på den andra sidan af ett kort vid kringsvängningen en i en bur sittande fågel. Dylika sammanställningar, af hvilka leksakshandeln har otaliga att bjuda på, kallas trollkortet eller taumatropen (uppfunnen i Paris 1827). Tecknar man på detta sätt bilder, som föreställa de olika faserna af en kropps rörelse, och låter dessa bilder hvar och en för sig, men tätt på hvarandra, intränga i ögat, skall detta tro sig se rörelsen sjelf, i det det sammanbinder de särskilda intrycken till en oafbruten rad. Stampfer i Wien konstruerade 1832 efter denna princip sina stroboskopiska kort, hvilka i den 1866 från Amerika till Europa öfverkomna trolltrumman funnit en synnerdeles ändamålsenlig tillämpning.

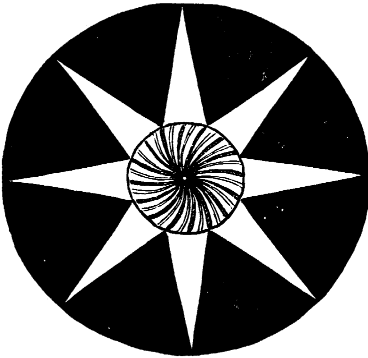
Denna apparat är en ihålig pappcylinder, som hvilar på en i en tung fot anbragt tapp och i denna kan försättas i en hastig rotation. Cylinderns vägg har i sin öfre del ett antal öppningar, hvarigenom man kan se in uti honom. Den nedre delen innehåller bilderna, som i en mängd olika teckningar framställa de på hvarandra följande faserna af en rörelse, t. ex. fötternas rörelse vid springandet, kastandet och uppfångandet af en boll o. s. v. Af dessa bilder ser ögat en, hvar gång under trummans omvridning ett kort passerar förbi det, det följande kortet visar en annan bild o. s. v., men alla tillsammans gifva en öfverraskande fullständig bild af hela rörelsen.

Kromatropen. En annan intressant optisk tillställning, som grundar sig på samma företeelse, vilja vi här omnämna, emedan hennes bländande effekter ej synas erbjuda den oförberedde åskådaren den minsta bro till de bakom liggande orsakerna. Det är den bekanta kromatropen eller liniespelet, som man vid förevisning af dimbilder ofta har tillfälle att se. På en genom-

lysande skärm se vi plötsligt ett kretsformigt system af mångfärgade, lysande, guillocheformigt i hvarandra slingrande linier, som från medelpunkten af det upplysta fältet strålformigt skjuta ut ända till periferin, der de hemlighetsfullt försvinna, men endast för att lika hemlighetsfullt åter i outtömlig mängd utskjuta från centrum. Och gå vi bakom skärmen och låta förklara för oss, huru trolleriet åstadkommes, öfverraskas vi ej mindre af den ofantliga enkelhet i medel, hvarmed dessa tjusande effekter frambringas.

Vi se här ingenting annat än en camera obscura, i hvilken de inskjutna glasen ersättas af runda glasskifvor, som låta kringvrida sig och, ungefär som fig. 261 och 262, äro försedda med teckningar och målningar i skiftande färger.

Två sådana skifvor äro, den ena framför den andra, anbragta öfver den runda öppningen i en trätafla på det sätt, att de täcka hvarandra och fasthållas på sin plats medelst små friktionstrissor. Kringvridningen sker medelst en vef med en sådan snörinrättning, att skifvorna gå åt motsatta håll.



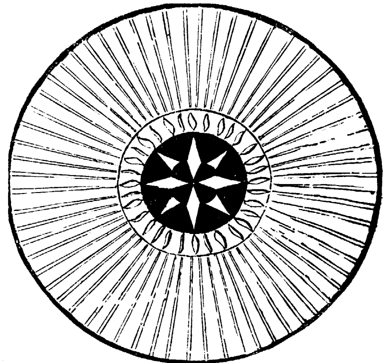


Fig. 261. Kromatropskifvor. Fig. 262.

Derigenom, att nu skifvorna på detta sätt komma i alldeles olika läge till hvarandra, uppstå de mångfaldiga kombinationerna, som likna kaleidoskopets bilder, men i de oändligt fina skiftningar, hvarmed de öfvergå i hvarandra, göra en långt behagligare verkan. Cameran tjenar endast till att förstora bilden och gifva honom den största möjliga klarhet. Man kan äfven utan en sådan göra sig en föreställning om bildernas uppkomst, om man träder ett par på motsvarande sätt målade eller utskurna papperslappar på en strumpsticka och snurrar omkring dem med handen.

Subjektiva ljusförnimmelser. Retningarna på näthinnan behöfva ej alltid framkallas af ljusstrålar. Andra inflytelser göra sig äfven gällande på synnerven, och dess märkvärdiga egenskaper väcka då i själen ljusföreställningar, som ej motsvaras af någonting utom oss föregående. Ljusblixtar af olika slag framkallas i ögat icke blott genom tryck, utan äfven genom den elektriska strömmen, värmeinflytelser och mera dylikt, såsom hvar och en lätt kan

erfara, om han med slutna ögon på detta sätt retar synnerven. Man kallar dessa företeelser subjektiva ljusförnimmelser. Det behöfver ej särskildt erinras, att här ej är fråga om något verkligt ljus och att berättelser, sådana som den, enligt hvilken en person, som en kolsvart natt blifvit anfallen af röfvare, skulle tydligt känt igen sin angripare, emedan denne gifvit honom ett så våldsamt slag i ansigtet, att det blixtrat för hans ögon, höra till fabelns område. I allmänhet äro föreställningarna inom denna del af naturläran hos den stora mängden ännu mycket oklara. Sålunda uppdyker tid efter annan i tidningarna den underbara nyheten, att man på näthinnan af en mördad menniska funnit mördarens drag med fotografisk trohet återgifna. Någonting orimligare låter ej gerna tänka sig.

Till de subjektiva ljusförnimmelserna höra äfven vissa intressanta, i praktiskt hänseende vigtiga stämningar hos ögat, som stå i nära förhållande till det psykologiska tillstånd, hvilket betecknas med namnet färgharmoni.

Om vi klippa två fullkomligt lika stora runda papperslappar, den ena hvit och den andra svart, samt lägga den hvita lappen på ett svart och den svarta på ett hvitt pappersblad, skola de synas olika stora, den hvita nämligen större än den svarta. Den ljusa färgen indrager nämligen ej blott de delar af näthinnan, som blifvit omedelbart träffade, utan äfven de angränsande delarna inom retningens krets (irradiation); de retade nervernas fält blir större än bildens. En bronsstaty ser mindre ut än en staty af gips eller hvit marmor. Svarta handskar ge händerna ett nättare utseende än hvita, och om en spetsknypplerska vill riktigt visa sin konst, gör hon klokare, om hon begagnar svarta trådar och utbreder spetsen på ett hvitt underlag, än om hon gör tvärt om.

Om vi, sedan vi en stund skarpt fixerat den hvita lappen på det svarta arket, taga bort blicken derifrån och fästa honom på en annan hvit yta, se vi ännu allt jemt i ögat den förra bilden, men, sällsamt nog, nu mera som en dunkel kretsformig fläck. Genom olika retning och en deraf föranledd öfvergående slöhet hos synnerven har nämligen en efterbild uppkommit. Bilden försvinner dock snart, och alla punkter af näthinnan äro åter lika känsliga. Liksom här det ofärgade ljuset, utöfva äfven färgerna en märkbar inverkan, och studiet häraf är för målaren, kattunfabrikanten, lackeraren, tapetseraren, ja, alla konster och handtverk, hvilkas alster skola ses, af största vigt.

Tager man i stället för en svart en röd papperslapp och betraktar honom på en hvit yta, ser man efter hans borttagande likaledes en efterbild, men som i detta fall är färgad grön. Gult ger en violett, grönt en röd efterbild. Genom en längre inverkan af en viss färg blifva näthinnans nerver okänsliga derför och uppfatta då företrädesvis de af det hvita ljusets strålar, som utgöra komplementfärg till den förra.

Det är ett väl kändt förhållande, att, om man betraktar flera nyanser af samma färg efter hvarandra, de följande skenbart allt mer förlora i skönhet, men att deremot den motsvarande komplementfärgen vinner, om ögat förut sett sig mätt på en färg. Derför söker äfven en del kramhandlare, för att höja lifligheten i sina tygs färg, förekomma en sådan utmattning af ögat

derigenom, att de i sina profkartor och fönster anordna färgerna i riktig omvexling.

Ingen färg är i och för sig ful, ty hvar och en sådan kan, om han riktigt sammanställes med andra, göra ett angenämt intryck, och effekten låter på förhand noggrant beräkna sig. Vi kunna ej hafva någon annan måttstock för skönheten än den, som vi sjelfva med våra sinnen efter hand abstraherat oss till från de oss omgifvande föremålen. Misskännandet af denna grundsanning har lyckliggjort verlden med den olycksaligaste smaklöshet, som årtusenden igenom hindrat och hämmat menniskoandens fria utbildning. Till denna höjd, hvartill de gamla omedvetet och endast ledda af en oförderfvad instinkt, som sade dem, att det ej kunde vara annorlunda, i sina herliga verk uppstego, till denna höjd af naturlig enkelhet måste vi genom en massa af föråldrade traditioner mödosamt arbeta oss upp, i det vi ha att göra oss klart, hvarför det ej kan vara annorlunda.

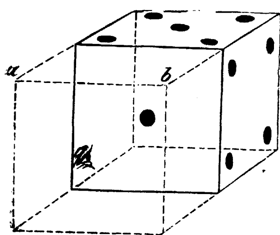
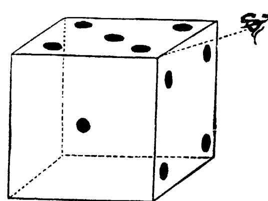


Fig. 263.
Tärning sedd framifrån.


Fig. 264.
Tärning sedd från sidan.

Seende med två ögon. Alla de företeelser, hvarmed vi hittills syselsatt oss, skulle vi på det ofvan angifna sättet varseblifva, äfven om vi, som cykloperna, i stället för två blott hade ett öga. Annorlunda förhåller det sig deremot med vissa intryck, som gifva oss föreställning om föremålens kroppslighet och som vi erhålla derigenom, att vi samtidigt se med två ögon. Vi skola uppehålla oss något litet vid detta intressanta ämne, dels emedan det för kännedomen om ljusförnimmelserna är af stor vigt, dels och särskildt derför, att kännedomen om förloppet härvid ligger till grund för uppfinningen af en sinnrik, högst intressant apparat, som inom kort vunnit en stor spridning.

Bilden, som uppstår på vårt ögas näthinna, är en flack bild. Det är således klart, att samma bild, som der alstras af ett verkligt träd, ett verkligt hus o. s. v., äfven skall framkallas af en afbildning af dessa samma föremål, så framt denna nämligen riktigt återger alla perspektivets, färgens och belysningens förhållanden.

Med ett enda öga kunna vi dock endast urskilja två dimensioner, bredd och höjd. För att dermed kunna uppfatta ett föremål som kroppsligt och ej blott som en flack teckning måste vi derför bringa ögat i olika lägen till det och småningom skaffa oss bilder deraf från olika sidor. Äro nu äfven dessa verkligen från olika sidor olika, får det sedda föremålet en tredje dimension: tjocklek. Det är med andra ord kroppsligt. Betraktar ögat t. ex. den i fig. 263 afbildade tärningen först rakt framifrån, ser det endast den qva-

dratiska ytan 1, intager det deremot den ställning, det har i fig. 264, ser det dessutom äfven två andra ytor, 4 och 5. Genom en kombination af det senare betraktelsesättets resultat med det föregåendes få vi kunskap om, att med ytan 1 sammanhänga ännu andra ytor, som, emedan de ej första gången voro synbara, måste ligga i en annan riktning än höjdens och breddens. Vi finna sålunda den tredje dimensionen, tjockleken, och konstruera oss nu mera de öfriga ytorna ex analogia.

Då en vidsträckt erfarenhet och en oändlig rikedom på ideer stå till vårt förfogande, kunna vi med deras tillhjelp af några få element sammanställa fullständiga bilder. Vi skulle sålunda hjelpligt kunna lära oss att blott med ett öga kroppsligt uppfatta den yttre verlden; men detta tillstånd vore dock alltid bristfälligt i jemförelse med våra synorgans nu varande inrättning, hvilken i det samtidiga bruket af två ögon ger oss en möjlighet att på en gång och fullständigt utföra, hvad som med ett öga endast efter hvartannat och styckevis kunde ske. Våra två ögon gifva oss två bilder på en gång, och själen summerar ihop båda till en enda föreställning.

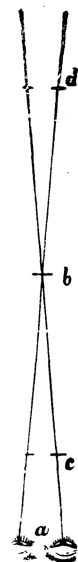


Fig. 265.

Stereoskopet. Att uppfattningen af det kroppsliga med synen beror på föreningen af två bilder, som sins emellan ega af den olika ståndpunkten betingade olikheter, synes ej vara någon ny upptäckt. Brewster vill ha funnit, att redan Euklides varit bekant med denna princip och att Galenos för femton hundra år sedan närmare utvecklat honom. Baptista Porta skall 1599 gifvit fullständiga ritningar af de båda skilda, liksom af den emellan dem stälda förenade bilden, som ej blott skola innehållit stereoskopets princip, utan äfven det hufvudsakligaste af dess konstruktion. Målarna, hvilka förr mera än nu syselsatte sig med de vetenskapliga grunderna för sin konst, voro, som det vill synas, äfven länge sedan bekanta med lagarna för seendet af det kroppsliga, ty teckningar af alldeles samma slag som Portas skola af Jacopo da Empoli (1554—1640) blifvit nedlagda i Vicarmuseet i Lille. Två och två af dessa teckningar återgifva samma föremål från föga olika synpunkter. Den på högra sidan liggande bilden skådas från en längre åt venster fattad synpunkt än den på venstra sidan, alldeles som det måste vara, om bilderna skola göra en stereoskopisk verkan. Det låter emellertid tänka sig, att denna omständighet är rent tillfällig och, såsom Helmholtz är böjd att tro, endast tillkommit derigenom, att målaren, missnöjd med sitt första arbete, från en annan något förändrad synpunkt uppritat en ny teckning.

Men funnos än dessa insigter till det omfång, man velat antaga, synas de dock gått förlorade för den nyare tiden, och det är mycket sannolikt, att Wheatstone gjorde sin vackra upptäckt fullkomligt sjelfständigt. Han uppritade två teckningar af samma kropp, alldeles som bilderna måste förete sig på båda ögonens näthinnor, och uppfann, för att utan svårighet samtidigt föra dessa två bilder till sina särskilda ögon, den inrättning, som under nam-

net stereoskop är allmänt bekant och som vi strax skola taga i närmare betraktande, sedan vi likväl, för att göra saken lättfattligare, förutskickat några inledande anmärkningar.

Båda ögonen upptaga alla ljusstrålar, som ej i för stor vinkel sammanträffa med synaxeln; men för att de af själen skola förenas till en bild, måste de falla på de så kallade identiska ställena af näthinnan, hvilket endast är fallet med dem, som utgå från den punkt, der synaxlarna skära hvarandra. Synnerven ha vi nämligen att tänka oss som en trådsträng, hvilken delar sig i två fullkomligt lika, på näthinnan slutande grenar. De här symmetriskt anordnade nervändarna höra parvis, en i hvartdera ögat, alldeles som händernas fingrar, tillsammans. Blifva nu dessa symmetriska punkter på näthinnorna i båda ögonen på samma sätt retade, uppstår en enda föreställning. Upptagas deremot intrycken ej af identiska punkter på näthinnan, blifva de i vår själ alstrade bilderna åtskilda. Det stereoskopiska seendet består således deruti, att vi så inställa och rikta våra ögon, att de från en punkt kommande strålarna i ögonen träffa sammanhörande punkter af näthinnan. Detta är, strängt

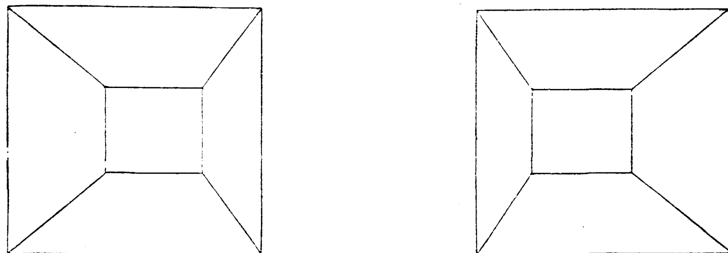


Fig. 266, 267. Stereoskopiska bilder af en pyramid.

taget, i ett visst ögonblick endast i afseende på en punkt möjligt; alla andra punkter se vi dubbelt. Vi ge dock vanligen ej akt derpå, då bilderna i det stora hela temligen täcka hvarandra och otydligheten snart försvinner, blott vi uppmärksamt betrakta de dubbla konturerna.

Om vi ställa två brinnande ljus i rät linie det ena bakom det andra och med ögonen fixera än det ena, än det andra, märka vi, att vi blott af den låga, på hvilken våra ögon för tillfället äro riktade och som sålunda befinner sig i den punkt, der synaxlarna skära hvarandra, erhålla en enda bild, medan deremot den andra lågan alltid visar två bilder. Ställer man nu bredvid det ena af de båda ljusen, lika godt hvilket, ett tredje ljus, så att alla tre befinna sig i samma horisontalplan som ögonen, och derpå fixerar det ensamt stående, erhåller man af de båda andra fyra bilder. De båda mellersta af dessa kunna fås att täcka hvarandra och på två sätt, antingen derigenom, att man ställer det fixerade ensamma ljuset så, att de förlängda synaxlarna träffa de båda andra ljusen, eller på det sätt, att man ställer de båda lågorna i synaxlarnas riktning framför den punkt, der de skära hvarandra.

Anbringa vi nu framför ögonen i stället för de båda ljusen stereoskopiskt tecknade bilder, skall nyttan af denna ögonöfning bli fullt klar och tydlig. Fig. 265 föreställer det fall, då ögonen *a* äro på det sätt riktade, att synaxlarna skära hvarandra i *b* eller att punkten *b* fixeras af båda ögonen. Bibehålles denna ögonens riktning, måste två stereoskopiskt tecknade bilder falla på identiska ställen af näthinnan och täcka hvarandra, ej blott när de vid *c*

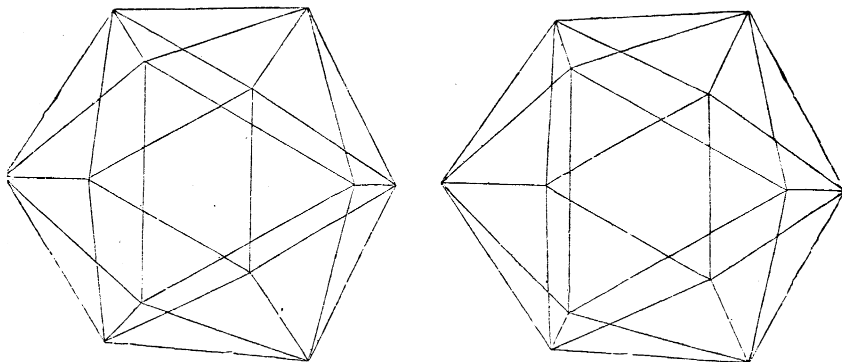


Fig. 268, 269. Stereoskopiska bilder af en kristallmodell.

inställas i synriktningen, utan äfven när de uppställas i *d*. I hvilketdera fallet som helst förena sig båda bilderna i vår föreställning till en enda; vi se det framstälda föremålet kroppsligt, som det befunne sig i *b*. Verkningen är dock för båda fallen olika, ty om vi t. ex. uppställa de i fig. 266 och 267 meddelade två afbildningarna af en pyramid i *c*, upptager det venstra ögat bilden till venster, det högra bilden till höger, och då de noga motsvara den anblick, som vi i verkligheten skulle hafva af en med spetsen åt oss vänd pyramid, framkalla de äfven intrycket af en upphöjd pyramid. Blicka vi deremot in uti en ihålig, med basen åt oss vänd pyramid, en matris af den föregående, får det venstra ögat en bild, sådan som teckningen till höger, och det högra en sådan, som teckningen till venster utvisar. Låta vi derför synaxlarna skära hvarandra framför bilderna, visar sig äfven den förenade bilden tillhöra en fördjupad, med spetsen från oss vänd pyramid. En märklig omständighet der-

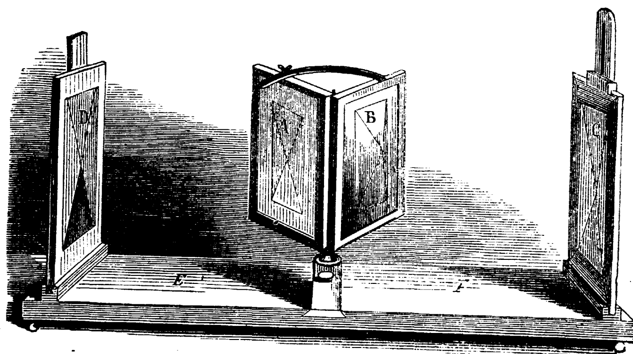


Fig. 270. Wheatstones spegelstereoskop.

vid är den illusion, vi erfara i afseende på det skenbara djupet. Det synes nämligen i det senare fallet vida större än i det föregående.

På detta sätt kan man efter behag till en upphöjd eller fördjupad bild förena teckningar, som äro uppgjorda efter samma princip. Fig. 268, 269 gifva ett annat exempel på samma förhållande. Som ett beqvämt hjelpmedel vid ögats riktande kan man för öfrigt begagna sig af en lång nål, t. ex. en strumpsticka, som man håller i synaxlarnas lätt funna korspunkt och, allt under det man skarpt fixerar henne, långsamt rör mot teckningen eller ögonen, tills de mellersta af de fyra bilderna sammanfalla. Att låta synaxlarna först bakom teckningen skära hvarandra, sålunda förena bilderna vid deras uppställning i *c* (fig. 265), är svårare; man kan dock hjelpa sig dermed, att man vid vanliga stereoskopiska bilder föreställer sig, att man vill genom den på riktig synvidd hållna teckningen med blicken uppfatta ett vid pass 25 till 30 fot aflägset föremål.

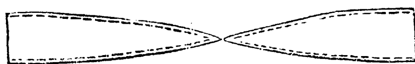


Fig. 271. Stereoskopprismer.

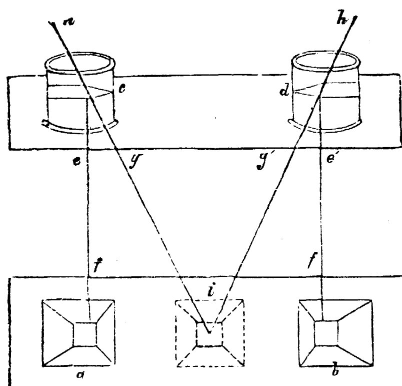


Fig. 272. Den stereoskopiska apparatens princip.

I den af Wheatstone uppfunna stereoskopiska apparaten äro alla de svårigheter, som med ett dylikt tvunget seende äro förenade, lyckligt undanröjda. Apparaten (fig. 270), sådan han den 21 juni 1838 framlades för det kungliga samfundet i London, bestod af två plana speglar, *A* och *B*, som hade ett ytinnehåll af 2,5 qvadrattum och med hvarandra bildade en vinkel af 90°.

Strax framför dem, ehuru på teckningen ej utsatt, befinner sig en liten träskifva med två hål för ögonen, hvilka sålunda äro speglarna mycket nära. På ömse sidor derom äro anbragta två ståndare, vid hvilka de båda taflorna *C* och *D* låta skjuta sig fram och tillbaka. På dessa taflor fästas de stereoskopiska teckningarna, hvilkas bilder visa sig i speglarna och i dessa skådas af ögonen. Då hvartdera ögat i följd af sin närhet till speglarna alltid blott ser en enda bild, blir illusionen svårare att åstadkomma. Wheatstone sjelf ersatte snart sin apparat med ett annat instrument, som genom sin lätthandterlighet har stora företräden framför den förra. I stället för speglar använde han prismer, som han instälde med de brytande kanterna emot hvarandra.

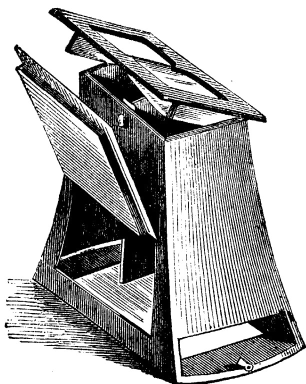


Fig. 273. Wheatstones prismstereoskop.

Den skematiska afbildningen i fig. 272 åskådliggör denna anordning och dess verkningssätt. Från bilderna *a* och *b* gå strålarna *f* in i prismerna *c* och *d*, brytas af dem i riktningen *h* och komma så in i ögonen, hvilka se bilderna som en enda i riktningen *hi*. Fig. 273 visar den vanligaste yttre formen af detta prismstereoskop.

Så ändamålsenlig än denna apparat var, var han dock i ett hänseende mycket svår att åstadkomma. Två fullkomligt lika prismer, sådana som här erfordras, äro nämligen svåra att anskaffa. Men äfven denna olägenhet afhjelptes, då den skotske fysikern Brewster föll på den genialiska iden att skära en vanlig lins midt i tu och begagna de båda fullt symmetriska hälfterna i prismernas ställe. Genom glasens sferiska bugtighet erhöll han dessutom en fördelaktig förstoring af bilderna, hvilken väsentligt bidrager att öka illusionen. Oaktadt denna fullkomning förgingo ännu många år, innan den allmänna uppmärksamheten fästes på stereoskopet, och hade ej det lifliga franska lynnet funnit behag i dess underbara verkningar, skulle det måhända ännu vara obekant för den stora allmänheten. Brewster kom hösten 1850 till Paris och visade sin apparat för de der varande naturforskarna.

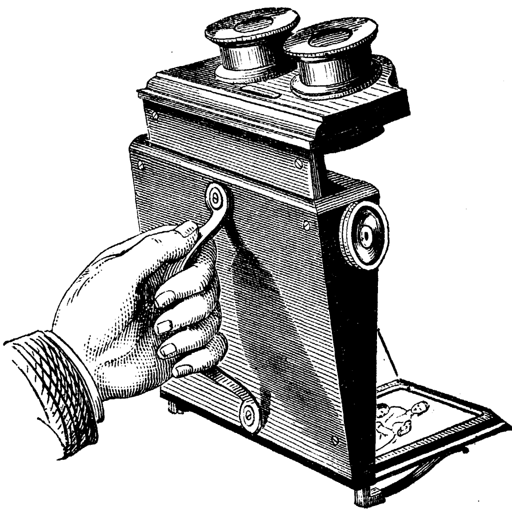


Fig. 274. Stereoskopisk apparat att fälla ihop.

I Tyskland hade professor Moser redan 1844 förfärdigat fotografiska bilder för stereoskopet; hans berättelse om de dermed erhållna resultaten aftrycktes i Doves »Repertorium der physik», men ännu tänkte i Tyskland ingen på att till allmän nytta tillgodogöra det sålunda vunna kapitalet. Då saken var tryckt och inregistrerad, var ju allt gjordt, som behöfdes.

I Paris gick det fortare. Den som fysiker och matematiker berömde abbé Moigno insåg genast, hvilket gynsamt mottagande stereoskopet måste finna hos allmänheten. Han förmådde Brewster att åt den utmärkte optikern Duboscq öfverlemna apparaternas förfärdigande, och från hans berömda anstalt spredos nu inom kort öfver alla länder de allestädes med förtjusning mottagna stereoskopen. För att göra linshalfvorna beqvämare att handtera äro de nu mera rundslipade och fästa i hylsor, som kunna skjutas fram och tillbaka, hvarigenom det blir möjligt att inställa dem i den för hvarje öga passande brännvidden. Apparaten får derigenom likhet med en vanlig operakikare, som nedtill slutar med en fyrkantig låda (fig. 273). På öfre väggen af denna aflånga låda finnes en klaff för att insläppa ljus, när bilder skola

ses, som äro anbragta på en ogenomskinlig grund; lådans väggar äro svartmålade för att endast låta ljuset infalla från en sida. Bottnen är på de ställen, der bilderna inläggas, genombruten, emedan många bilder anbringas på glasskifvor och måste betraktas mot ljuset. Dessutom har man apparater utan låda, som kunna fällas ihop o. s. v.; vi gifva i fig. 274 en afbildning af en sådan beqväm inrättning af stereoskopet. Brewster har äfven fördubblat linserna, så att man ser hvarje bild genom två linser. Han har härigenom visserligen åstadkommit starkare förstoring med mindre omfång, men denna inrättning har ej vunnit bifall.

I fransmännens händer blef stereoskopin nära förbunden med fotografin, af hvars hjelp man begagnade sig vid frambringande af de stereoskopiska afbildningarna. Utan denna systerkonst skulle också i sjelfva verket den wheatstoneska uppfinningen måst inskränka sig till de enklaste geometriska framställningar. Camera obscuran aftecknar deremot med den yttersta noggranhet de mest komplicerade föremål med de allra minsta, af olika ståndpunkter betingade skiftningar, och den fotografiska plåten fixerar bilden med dess oändligt fina förtoningar af dagrar och skuggor allt efter den för ögonblicket rådande belysningen. Ty vid framställningen af stereoskopiska föremål äro ej blott konturerna, utan äfven dagrarnas fördelning en högst väsentlig omständighet. I synnerhet lära oss landskapsbilderna, i hvilken grad dessa nästan försvinnande olikheter bidraga till effekten af det hela.

Vi se marken uppstiga och småningom förlora sig i ett aflägset fjerran, höga bergtoppar locka vår blick djupt in i luftoceanen, eller sänker han sig ned i vilda klyftor af nästan omätligt djup. Vi tycka oss stå på en utskjutande klippa med en svindlande afgrund under våra fötter, medan bredvid oss snor och vrider sig en gammal dvergtall, hvars grenar vi tycka oss kunna fatta med händerna. Nästan ännu mera öfverraskande äro de vyer, som föra oss i det inre af bygnader, i höga katedraler, i långa sträckor af rum, uppfylda med allahanda möbler och konstsaker. Hvar enda reffla, hvart enda blad på kolonnerna träder oss här plastiskt till mötes, och snideriverket växer ut ur panelen. Ett helt museum af skulpturarbeten fängslar på alla afstånd blicken. Figurerna stå der fullkomligt fria, det ser ut, som de närmade sig, och likväl äro de ingenting annat än af en gemensam pappersyta förenade bilder. Verklig synbar luft, hvari solgranden skimra, omger dem på alla sidor. Här se vi en antik marmorstaty, på hvilken förvittringen lemnat märken, som vi känna oss frestade att undersöka med fingrarna, der en bronsfigur, hvars fulla relief och matta glans göra illusionen fullständig. Och med samma naturtrohet, hvarmed liflösa föremål här kunna framställas, låta äfven stereoskopiska afbildningar af personer, porträtt o. s. v. taga sig. De fotografiska preparatens känslighet har blifvit till den grad stegrad, att vi i stereoskopet kunna se den lifligaste marknadsscen fixerad i ett enda ögonblick, den flygande fågeln, det i vågor gående hafvet o. s. v.

Så obetydliga än vid en noggrann undersökning de båda bildernas perspektiviska olikheter synas, äro de dock, i synnerhet på landskapsbil-

der, större, än af våra ögons afstånd kan förklaras. Vid bildernas tagande uppställas de fotografiska apparaterna på längre afstånd ifrån hvarandra än våra ögons synvidd. Derför gör också den stereoskopiska bilden det intryck, som vi betraktade honom under en mycket större synvinkel, som vi på kortare afstånd såge honom i förminskad storlek. Stereoskopet gör bilden, så att säga, verkligare än verkligheten sjelf, och så effektfull än en sådan perspektivisk illusion kan blifva, får dock, så vida ej naturligheten skall lida, en viss gräns ej öfverskridas. I konsthandeln finner man stundom stereoskopiska afbildningar af månen, hvilken dock befinner sig på ett så stort afstånd, att det ej låter sig göra att från två särskilda ståndpunkter på jorden erhålla sådana bilder, som behöfvas för åstadkommande af en stereoskopisk effekt. Dessutom har månen sådana dimensioner, att vi med våra optiska apparater aldrig kunna helt och hållet omfatta honom och omedelbart med våra kroppsliga ögon endast kunna se jemförelsevis mycket små delar af honom. Det oaktadt äro nu dessa månbilder fullkomligt stereoskopiska; månen visar sig här för oss som ett klot, ja, stundom är till och med reliefen så betydlig, att han ser ut som ett ägg med spetsen vänd emot oss. Huru har nu denna effekt åstadkommits? Endast och allenast med tillhjelp af den egendomliga, skenbara vaggning (libration) omkring sin axel, som månen eger och i följd hvaraf han ej alltid vänder alldeles samma skifva åt jorden, utan omvexlande vrider några längdgrader mer än till höger, än till venster emot henne. Men vid frambringandet af stereoskopiska bilder blir resultatet alldeles det samma, om ståndpunkten förändras eller föremålet sjelft undergår en omvridning, som ger en i viss mån förändrad bild. Af detta förhållande har man vid den stereoskopiska afbildningen af månen på det sätt begagnat sig, att man ej tog de båda fotografiska bilderna samtidigt, utan den ena, när han visade mera af sin venstra sida, och den andra först efter några dagar, när han passerat sitt midtläge och vände en motsvarande större del af sin högra hälft mot jorden. Ju längre aftagningspunkterna ligga ifrån hvarandra, desto större blir olikheten mellan bilderna och desto mera framträdande äfven den relief, de i stereoskopet erhålla.

Telestereoskopet. När vi först se ett aflägset berg, ha vi svårt att upplösa det i dess djupförhållanden. Här är likaledes synvinkeln för liten, för att de båda bilderna skulle kunna visa några märkbart olika sidor. Bergstockarna bibehålla derför ett kulissartadt utseende. Men genom det af Helmholtz uppfunna telestereoskopet blifva våra ögon på sätt och vis dragna flera alnar ifrån hvarandra, så att bilderna, som de upptaga, omfatta de sedda föremålen i en större vinkel. Upplösningen i djupförhållandena blir derigenom, liksom på de fotografiska stereoskopbilderna, långt bestämdare.

Telestereoskopets inrättning är mycket enkel och med ledning af det wheatstoneska spegelstereoskopet (fig. 270) lätt att fatta. Apparaten är inrättad till omedelbart betraktande af landskapet, och bilderna upptagas derför äfven af honom sjelf. Detta sker med tillhjelp af två speglar, som äro an-

bragta i stället för de båda skjutbara taflorna *C* och *D* och på det sätt instälda, att de med hvarandra bilda en vinkel af 90⁰ och sålunda äro parallela med de små speglarna *A* och *B*. Den perspektiviska olikheten mellan de båda spegelbilderna af landskapet blir nu större, i samma mån afståndet mellan speglarna ökas, och med det växande afståndet måste äfven djupdimensionerna så mycket tydligare framträda. I stället för speglarna äro vid *A* och *B* två prismer, hvilkas totala reflexion återger spegelbilderna mera oförsvagade och hvilka, liksom linserna i den brewsterska apparaten, äro infattade i hylsor, så att ögonen kunna utan ansträngning betrakta hvar sin bild.

Slutligen vilja vi fästa uppmärksamheten på en praktisk användning af stereoskopet, som af Dove först blifvit påvisad. Insätter man i ett stereoskop två alldeles lika teckningar, t. ex. två oförfalskade sedlar, eller betraktar dem med blotta ögonen så, att båda bilderna förenas till en enda, skall man, oaktadt ögonen se två bilder, likväl endast erfara intrycket af en plan teckning, men ej märka något perspektiv. Äro deremot de båda sedlarna ej af samma plåt, eller är texten ej af samma sättning, skall öfverensstämmelsen aldrig blifva fullständig, ty äfven med den största noggranhet hos sättaren skola raderna och bokstäfverna ej ha fullkomligt samma läge till hvarandra. I stereoskopet framträder denna olikhet mycket tydligt, ty i den förenade bilden visa sig de förskjutna orden ej längre liggande i ett och samma plan, utan höja sig trapplikt öfver hvarandra, sväfva liksom i luften.

Dove föreslog nu att, när tvifvel råder om identiteten af två tryck, t. ex. en misstänkt sedel och en bevisligen äkta, insätta båda i den stereoskopiska apparaten. Visar sig nu hos text och figurer den minsta afvikelse från planet, kan man vara viss om, att en förfalskning egt rum. Likaledes skall man genom stereoskopisk undersökning genast kunna skilja eftertryck från originaltryck, blotta titelupplagor från verkligt nya upplagor o. s. v. Och det samma, som här blifvit sagdt om tryck, gäller naturligtvis om kopior af alla slag. Efterapningen må vara aldrig så skickligt gjord, är dock den stereoskopiska apparaten ett säkert medel att demaskera henne, och kan han än göra förfalskaren sjelf uppmärksam på bristerna i hans alster, kan han dock ej på samma gång gifva honom medlen att fullständigt afhjelpa dem.



Uppfinningen af teleskopet.

Uppfinningens historia. — Hvarken Jansen eller Metius eller Crepi, utan Lippershey. — Galilei. — Tubens inrättning. — Den holländska och den astronomiska tuben. — Kepler. — Det campaniska okularet. — Jordtuben. — Yttre inrättning och uppställning. — Fullkomnande genom Euler, Dollond, Fraunhofer. — Den fraunhoferska refraktorn på observatoriet i Dorpat. — Meridiancirkeln. — Nonien och mikrometern. — Spegelteleskopet. — Dess historia. — Jätteinstrument. — Olika inrättningar efter Newton, Gregory och Herschel. — Hvad ser man genom teleskopet?

Det var i de första åren af 1600-talet, som teleskopet uppfans i den holländska staden Middelburg. Med full säkerhet låter dock ej årtalet bestämma sig.

Berättelserna om sjelfva uppfinningen låta äfven mycket olika. Än heter det, att barnen till en glasögonsfabrikant i Middelburg vid namn Zacharias Jansen en dag lekt med några af faderns glaslinser, då ett af dem hållit för ögat två sådana linser i rät linie, det ena framför det andra, och derigenom betraktat kulan på ett aflägset kyrktorn. Då det plötsligt sett kulan mycket större och närmare, hade det i sin häpnad ropat på syskonen och bedt dem komma och se, fadern hade äfven kommit till stället, förnyat experimentet och med ledning af den sålunda gjorda iakttagelsen uppfunnit teleskopet.

Än skall optikern Hans Lippershey, Lippersheim eller Laprey, ty alla dessa olika namn tilläggas honom, en dag mottagit besök af en

obekant, som gifvit honom i uppdrag att efter hans anvisning slipa ett konkavt och ett konvext glas. Då de voro färdiga, hade främlingen satt dem för ögat, det ena framför det andra, och genom dem betraktat utsigten från fönstret. Glassliparen, som lade märke till hans förfarande, gjorde, när han gått, om försöket med ett par snarlika glas. Öfverraskad af följden, hade han fallit på den tanken att på lämpligt afstånd bringa linserna i fast förening med hvarandra och på detta sätt förfärdigat ett teleskop, som han förärat prins Moritz af Nassau.

Andra åter låta sonen till matematikern Adriaan Metius göra upptäckten på samma sätt som Zacharias Jansens barn.

Ännu andra gå tillbaka ända in i den grå forntiden och vilja, med stöd af en uppgift från 1200-talet om en staty öfver Ptolemeos Claudius, der denne skall vara afbildad med ett af flera skjutbara delar sammansatt rör, hvarigenom han betraktar stjernorna, påstå, att uppfinningen måste varit gjord redan för sex hundra år sedan. Finge man taga några yttranden af Roger Bacon alldeles efter orden, kunde visserligen också detta antagande ha någon grad af sannolikhet för sig. Men liksom i så mycket annat, är den märkvärdige filosofen äfven här mycket oklar. Man torde dock kunna taga för gifvet, att han skulle ansett ett så vigtigt ämne värdt en utförlig behandling. Och då ej heller hvarken i samtida eller i senare författares skrifter någonting finnes, som ger stöd åt ett sådant antagande, men deremot i början af 17:e århundradet den nya uppfinningen allmänt med beundran omtalas, kunna vi med temlig säkerhet förlägga hennes datum till den ofvan angifna tiden.



Fig. 276. Hans Lippershey.

En närmare, på sorgfälliga forskningar stödd utredning af uppfinningens första skeden, så vidt en sådan med tillhjelp af osäkra, med eller utan afsigt förfalskade traditioner låter verkställa sig, har nyligen professor Harting sökt åstadkomma, och vi skola här följa hans uppgifter, såsom de utan all fråga tillförlitligaste.

Den första autentiska underrättelsen om en tub innehålles i en de holländska generalstaternas resolution af den 2 oktober 1608. Under det spansk-

nederländska kriget hade en glasslipare i Middelburg vid namn Hans Lippershey för staterna framlagt ett »instrument att se långt med», hvarmedelst man i fält skulle kunna vinna betydliga fördelar öfver fienden, och derå begärt privilegium på tretio år eller ock en pension, hvaremot han ville utfästa sig att hålla sin uppfinning hemlig och endast förfärdiga sådana instrument till landets nytta och ej åt några utländska furstar och potentater. Den ofvan nämda resolutionen förordnade om nedsättande af en komite till sakens pröfvande, och uppfinnaren fick sig som prof förelagdt att förfärdiga ett sådant instrument med linser af bergkristall samt ett annat för två ögon. Lippershey synes ha fullgjort uppdraget, men erhöll det oaktadt ej det sökta privilegiet, ty under tiden, i oktober 1608, hade Jakob Adriaanzoon Metius ingifvit ansökan om patent å samma, såsom han påstod, af honom gjorda uppfinning. Då sålunda redan två voro i besittning af hemligheten, kunde uteslutande privilegium ej ges någondera, och man lemnade konkurrensen fri.

Om Metius först genom Lippersheys uppfinning kommit att rikta sin uppmärksamhet åt detta håll, eller om han redan förut sjelfständigt gjort upptäckten och ej gifvit någon del deraf, förr än glassliparen dermed offentligt framträdde, synes vara omöjligt att utreda. Allt nog, hans anspråk äro till tiden senare, och historien nämner derför som förste uppfinnare optikern i Middelburg Hans Lippershey.

Dermed äro också alla anspråk på prioritet, som från andra håll göras, afvisade, medan andra reducera sig till ännu anspråkslösare mått. Detta är särskildt fallet med dem, som gjorts af en viss Crepi från Sedan, hvilken af många blifvit ansedd för tubens uppfinnare, ty det är bevisadt, att han på indirekt väg skaffat sig kännedom om saken. Den 28 december 1608 skrifver nämligen då varande franska sändebudet i Holland Jeannin till Henrik IV och Sully om den nya uppfinningen, hvaraf han lofvar sig stort gagn för kriget. Han hade äfven vändt sig till Lippershey för att af denne erhålla en tub, men då ännu förgäfves. Först genom staternas bemedling erhöll han två tuber för konungens räkning, hvilka han jemte sin skrifvelse med en fransk soldat skickade till Frankrike. Men denne soldat hade Jeannin med flit valt till pjesernas öfverbringare, emedan han erfarit, att han, som var en mycket skicklig mekaniker, genom list skaffat sig kännedom om tubens sammansättning och nu kunde eftergöra den.

Högst sannolikt är Crepi icke blott en och samma person med denne soldat, utan äfven den fransman, som i maj 1609 kom till Milano och der gaf grefve Fuentes en tub, samma pjes, som Sirturus der såg och som förmådde honom att genast resa till Venezia, der köpa sig glas och sjelf göra ett dylikt instrument.

I juni samma år var Galilei i Venezia och hörde talas om tuben, och vid samma tid egde äfven kardinal Borghese ett sådant instrument, som han fått sig tillsändt från Flandern. Galilei hade sålunda tillfälle att med egna ögon taga kännedom om den nya uppfinningens inrättning och verkningssätt. Om han verkligen gjort det, är ovisst; saken är också i sig sjelf af föga vigt,

ty om han också verkligen blott efter beskrifningen af kombinerade linsers verkningar konstruerat ett teleskop, blir ej, såsom några entusiastiska biografer tyckas förmena, den store pisanens ära derigenom förhöjd, lika litet som ett enda blad ur hans verkliga storhets lager afbrytes, om det kan bevisas, att han efter holländska instrument sammansatt sin första tub, hvilken han den 23 augusti 1609 förärade dogen af Venezia, och sålunda ej uppfunnit, endast eftergjort den.

För öfrigt voro vid denna tid tuber både i Holland, England och Tyskland redan en handelsvara. Redan på höstmässan i Frankfurt am Main 1608 utbjöds en till salu af en holländare, och i London funnos de året derpå i så stort antal, att köpare kunde få välja. I Nürnberg synas de äfven snart blifvit tillverkade i stor mängd, och i Italien lockade de höga pris, Galilei erhöll för sina instrument (1500 rdr stycket), optikerna att slå sig på tillverkningen af dessa märkvärdiga apparater. Förnäma dilettanter och gynnare af vetenskaperna, hvaraf då flera än nu togo verksam del i forskningarna, slipade sig sina glas sjelfva. Så förfärdigade sig stiftaren af akademin dei lincei i Rom, furst Cesi, ej långt efter Galilei ett fjerrglas; det var äfven af honom, som den nya uppfinningen, på förslag af den berömde hellenisten Joannes Demiscianus, först erhöll det grekiska namnet teleskopion.

Med uppfinningen af namnet sluta vi denna korta historiska öfversigt. Men, torde någon fråga, huru förhöll det sig med Zacharias Jansen, äfven glasögonsfabrikant och äfven bosatt i Middelburg, som hittills allmänt gält för tubens uppfinnare och för hvilken hans landsman Boreel, lifmedikus hos Ludvig XIV, så varmt tog parti? Af den domstolsundersökning, som i början af 1650-talet på Boreels föranstaltande anstäldes i Middelburg, framgår, att Jansen sannolikt ej har någon del i uppfinningen af tuben, hvilket dock ej hindrar, att han lika mycket som sin kollega Lippershey, der kallad Laprey, gjort sig förtjent af efterverlden. Vi ha nämligen honom att tacka för en lika stor uppfinning: mikroskopet, och vi skola i nästa kapitel, i samband med berättelsen om denna vackra upptäckt, få tillfälle att närmare tala om honom. Huru vida de ideer, som ligga till grund för båda instrumenten, äro uppvuxna ur en och samma rot och huru vida Lippershey, som gjorde sin upptäckt senare än Jansen (möjligen redan 1590), stödde sig på dennes, är här ej stället att undersöka. Vi ha först syselsatt oss med tuben, emedan hans inrättning är enklare än mikroskopets och kännedomen derom skall göra det lättare för oss att förstå den mera sammansatta apparatens mekanism.

Tubens inrättning. Tuben är, liksom mikroskopet, en sammansättning af två linser eller linssystem, hvilkas optiska axlar noga ligga i samma räta linie. Den ena af dem, det så kallade objektivet, hålles närmast det betraktade föremålet. Han mottager de derifrån utgående ljusstrålarna och koncentrerar dem på en punkt af axeln, der en liten verklig bild alstras. Den andra linsen, okularet, är det medium, hvarigenom denna bild betraktas och är derför inskjuten mellan den lilla omvända bilden och ögat. I spegeltele-

skopen, som äfven höra hit, ersättes objektivet af en konkav spegel, hvilket, som vi veta, ej förändrar något i bildens natur. Glasen äro anbragta i ett invändigt svärtadt rör, som består af flera, uti hvarandra skjutbara delar. Derigenom kan, efter olika ögons behof, okularet föras närmare bilden eller aflägsnas derifrån.

Den holländska eller galileiska tuben, denna tubens äldsta konstruktion, är till sin inrättning afbildad i fig. 277. Strålarna gå från föremålet *AB* genom objektivet *C* och skulle kunna förena sig till en liten verklig bild. Derhän kommer det dock ej, ty okularet *a*, en bikonkav lins, ligger framför föreningspunkten och sprider strålarna å nyo. Genom okularets riktiga ställning kunna strålarna ledas så, som om de komme från afståndet för det tydliga seendet.

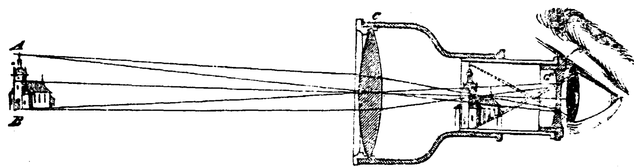


Fig. 277. Den holländska tuben.

Ögat förlägger då äfven bilden dit, och denna visar sig följaktligen för det samma i riktig ställning och, allt efter linsernas brännvidd, mer eller mindre förstorad. Denna enkla inrättning erbjuder den stora fördelen, att mycket korta rör kunna användas, och har derför bibehållit sig i instrument, af hvilka en större lätthandterlighet fordras. Utan att tydligheten lider, kan man visserligen ej med mycket korta rör drifva förstoringen till någon större grad; dylika tuber, teaterkikare o. s. v. ha derför vanligen också blott en förstorande kraft af 2 $^1/_2$ till 3. För öfrigt konstruerade äfven Galilei redan 1618 ett instrument för två ögon, liknande våra operakikare, och han anses som uppfinnare af dessa binocles.

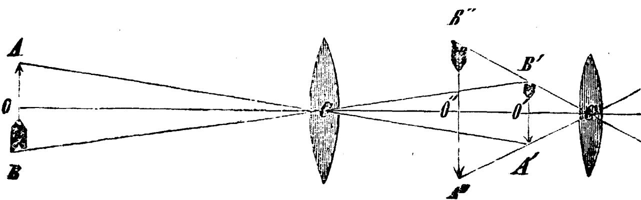


Fig. 278. Den keplerska tubens princip.

Den astronomiska eller keplerska tubens princip. Den första vetenskapliga framställning af de principer, hvarpå tubens verkningar grunda sig, gaf Kepler; han uppfann äfven det efter honom uppkallade instrumentet (fig. 278), som skiljer sig från det holländska derigenom, att hos det förra de genom den bikonvexa linsen *C* gående strålarna verkligen förena sig till en reel bild *A' B'*, som betraktas genom det förstorande okularet *C'* (*A'' B''*). Okularet är sålunda ej här, som i den holländska tuben, en bikonkav, utan liksom objektivet en bikonvex lins. Den af objektivet alstrade upp- och nedvända verkliga bilden kan dock, sedd genom okularet, ej omvändas; derför visa sig ock i den enkla keplerska tuben alla föremålen upp- och nedvända, och

han egnar sig derför också endast till observation af stjernorna, der bildernas ställning ej gör något till saken. På finare instrument är på det ställe, der den reela bilden uppstår, ett trådkors af spindelväfsfina trådar utspändt för att kunna iakttaga mindre ortförändringar hos den observerade stjernan.

För öfrigt infogar man äfven mellan okularet och objektivet en tredje lins, det så kallade kollektivglaset. Det hör egentligen ännu till objektivet, ty det afser att göra strålarna, innan de sammanlöpa i bilden, starkare konvergerande och har derför sin plats mellan den senare och objektivet. Men emedan det vanligen är förenadt med okularet i samma del af tuben, har man efter dess uppfinnare kallat denna kombination det campaniska okularet (fig. 279).

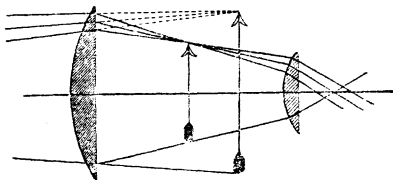


Fig. 279. Det campaniska okularet.

Jordtuben eller terresterkikaren. För att göra den keplerska tuben lämplig till betraktande af jordiska föremål måste man, såsom redan dess uppfinnare insåg, framför okularet insätta ännu en tredje lins. Denna inrättning fick dock ej något allmännare bruk; Rheita ordnade i stället glasen på det sätt, som fig. 280 utvisar. *A B* är det observerade föremålet, *b a* den medelst objektivlinsen alstrade reela bilden deraf, linserna *s* och *t*, af hvilka den senare är kollektivglaset, åstadkomma bildens omvändning, *u* slutligen är okularet, hvarigenom bilden *a' b'* betraktas och förstoras. I våra nu varande instrument har man ytterligare utbytt linsen *s* mot två, af hvilka den ena verkar som en svag samlingslins.

Tubernas förstorande kraft beror af objektivets brännvidd samt af brännvidden (den astronomiska tuben) eller spridningsvidden (den holländska tuben) hos okularet och är i båda fallen lika med qvotienten utaf båda. Derför är tillverkningen af glas med stor brännvidd inom det optiska instrumentmakeriet en kardinalfråga, och korta holländska kikare, såsom fält- och teaterkikare, ha jemte sitt ringa synfält (i följd af de utträdande strålarnas divergens) äfven en ringa förstoringskraft. Astronomiska instrument få af samma orsak en betydande storlek, som fordrar en synnerlig noggranhet vid förfärdigandet och egendomliga inrättningar, för att glasens axel alltid må förbli den samma och uppställningen med säkerhet förena lättrörlighet, så att instrumentet utan någon skakning kan följa stjernornas rörelse. Men dessutom äro äfven i och för en noggrann mätning anstalter träffade för att alltid kunna bestämma och korrigera röraxelns ställning, mäta vinklarna o. s. v., så att en sådan apparat med allt sitt tillbehör är en högst komplicerad sak och, när han uppfyller alla fordringar, ett af den praktiska mekanikens största konstverk.

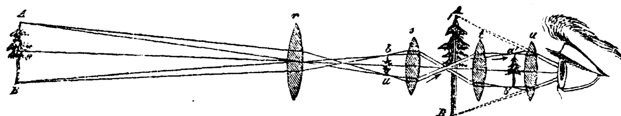


Fig. 280. Jordtuben.

Det höga ändamål, som teleskopet redan från början afsåg: utforskande af himmel och jord, bestämmande af stjernornas, så väl de om natten lysande himlakropparnas som den af oss bebodda planetens storlek, yta, massa, rörelse, ej mindre än det förhållandet, att tuben efter hand blifvit ett utmärkt hjelpmedel vid alla andra fysikaliska observations- och mätningsmetoder, har drifvit naturforskarna att oaflåtligt arbeta på hans fullkomnande.

För att öka förstoringen af bilderna ges det två utvägar: man ökar antingen objektivets brännvidd eller minskar okularets. Den senare utvägen var före upptäckten af lagarna för akromasin och konsten att genom sammansatta linser upphäfva färgspridningen mycket begränsad, och för att

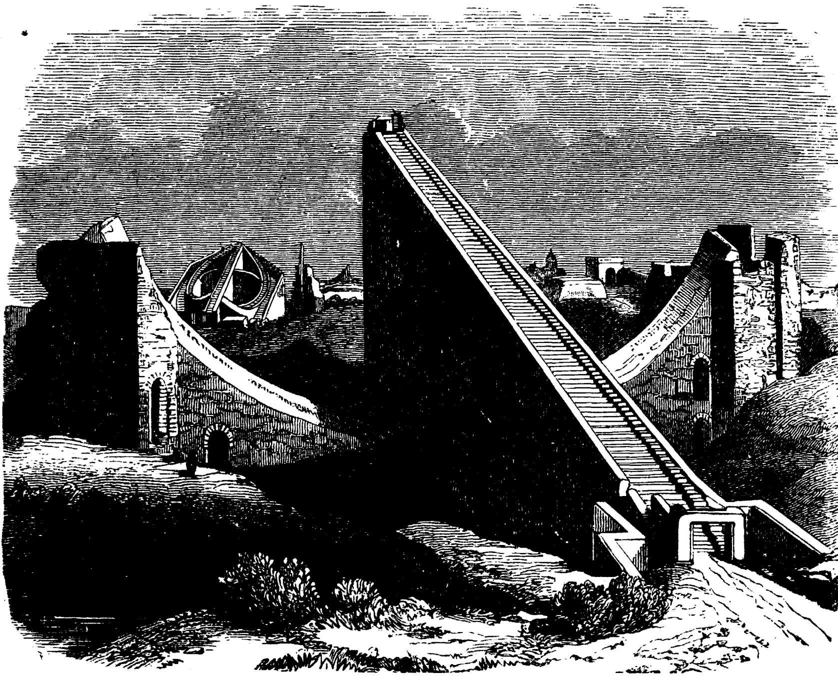


Fig. 281. Braminernas observatorium i Benares.

åstadkomma en starkare förstoring hade man ingen annan utväg än att använda glas af en större brännvidd. Men på samma gång växte äfven svårigheterna vid deras anordning, ty rören, hvari glasen anbragtes, blefvo ej blott för tunga att kunna med lätthet handteras, utan, och detta var det betänkligaste af allt, löpte äfven med den växande längden fara att slå sig krokiga.

Man tillgrep visserligen utvägen att utelemna rörets mellanstycke och anbringa objektivet i ett kort rör vid en fast punkt på det sätt, att det lätt kunde riktas mot det observerade föremålet, hvarigenom det blef möjligt att uppställa okularet på ett mycket långt afstånd. Huyghens synes ha varit den förste, som (omkring 1684) använde sådana tuber. På observatoriet i Benares

(fig. 281), hvars egendomliga bygnadssätt helt och hållet var betingadt af denna uppställning, begagnade braminerna ännu under de första tiotalen af detta århundrade dylika teleskop. Ett vid pass hundra fot högt murverk tjenade till stöd för objektivet, medan okularet uppstäldes på en i en kurva uppstigande dubbeltrappa, högre eller lägre, till höger eller venster, allt efter den observerade stjernans läge.

Men dessa anordningar voro i hög grad obeqväma och kunde endast bibehålla sig, så länge man ännu ej kände något bättre. Men sedan ljusbrytningens fenomen blifvit noggrannare undersökta, Descartes och Huyghens

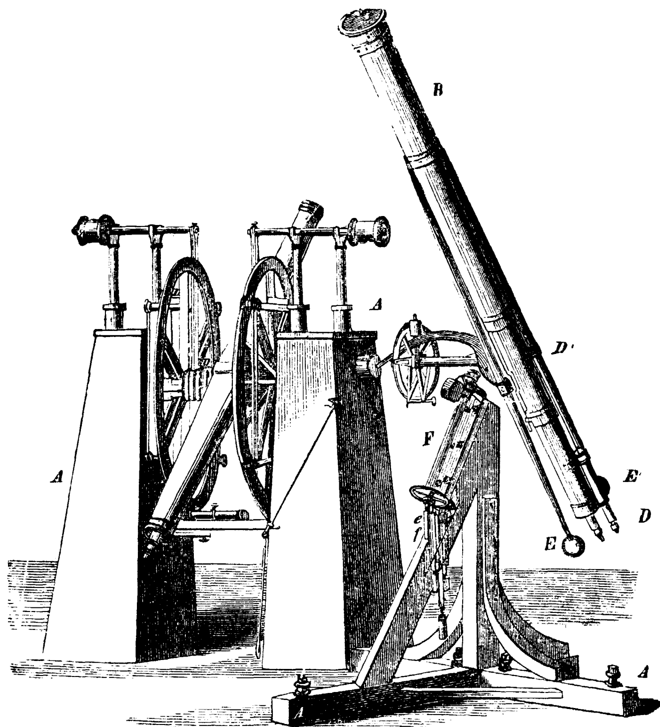


Fig. 282. Den repsoldska meridiancirkeln och den fraunhoferska refraktorn i Dorpat.

fullständigt utbildat tubens teori, Euler visat möjligheten att sammansätta akromatiska linser och, efter det Klingenstjerna stält saken utom allt tvifvel, Dollond, fadern, verkligen förfärdigat de första akromatiska tuberna, öfvergaf man de gamla metoderna och använde de af vetenskapen gjorda och af tekniken bekräftade upptäckterna.

Från denna tid daterar sig en stor och genomgripande reform inom den praktiska optiken, en reform, som, understödd af kemin genom framställande af passande glassorter och befordrad af mekaniken, liksom han i sin tur inverkade på denna tillbaka, med män sådana som Fraunhofer, Steinheil

och Merz nådde sin höjdpunkt. Sedan 1812 ha de akromatiska linstuberna, som dittills i spegelteleskopen ännu haft mäktiga medtäflare, nästan helt och hållet utträngt dessa.

Vi kunna här ej inlåta oss på någon utförlig beskrifning af de instrument, som böra finnas på ett observatorium, och måste inskränka oss till några förklarande ord till fig. 282, som visar den stora fraunhoferska refraktorn på observatoriet i Dorpat och den repsoldska meridiancirkeln i Pulkova bredvid hvarandra, af hvilka den förra sannolikt är det mest fullkomliga optiska instrument, som någonsin blifvit konstrueradt.

Dess objektivglas har en diameter af 7,2 tum, en brännvidd af 127 tum och förstorar 1 420 gånger; röret *B* är 10,3 tum långt. *E E'* äro motvigter och tjena dels till att skydda röret för krökningar, dels till att vid förändradt läge återställa jemvigten och sålunda göra instrumentets rörelser tillräckligt lätta att kunna åstadkommas med mycket liten kraftutveckling. Men då den stora tuben har ett jemförelsevis litet synfält, befinner sig på den samma en mindre med parallel axel, *D D'*. Med denna kan man öfverskåda en vida större del af himmeln. Man begagnar honom derför till att bringa stjernan, som skall observeras, i det stora instrumentets synfält. Det hela hvilar på den med skrufvar fästa ställningen *A*. På denna ställning är anbragt en med verldsaxeln parallelt riktad axel *F*, som uppbär ett urverk, *c f*, hvilket under sin gång vrider tuben så, att objektivet följer stjernans gång och denna alltså ständigt förblir i synfältet. På det dorpatska instrumentet är denna inrättning så fullkomlig, att den observerade stjernan synes formligt fixerad midt i trådkorset.

Instrumentet till venster, som ej står i någon förbindelse med refraktorn, är en så kallad meridiancirkel och tjenar till att observera en viss stjerna i det ögonblick, då hon går genom observatoriets meridian. Instrumentet uppbäres af de båda granitpelarna *A A* och kan medelst en särskild inrättning vridas omkring, på det att objektivet må kunna riktas äfven åt det motsatta hållet och den norra, ej mindre än den södra delen af himlahvalfvet derigenom öfverskådas. Då det gäller att iakttaga det ögonblick, då stjernan går genom vår meridian, måste det plan, hvari instrumentet kan vridas omkring, noga sammanfalla med meridianens. Ett trådkors angifver äfven här axelns eller meridianens punkt. Efter solens inträde i denna punkt ställer man äfven det astronomiska uret, hvilket i sin ordning angifver tiden, då en stjerna passerar meridianen. De båda stora cirklarna på ömse sidor om tuben tjena till att noga mäta stjernans höjdvinkel. De äro indelade i grader, minuter och sekunder och röra sig förbi en fast visare. Har nu instrumentet blifvit inriktadt och stjernan är i synfältet, kan man på dessa cirklar med luper afläsa höjdvinkeln ända till den minsta bråkdel. På flera ställen af instrumentet äro vattenpass anbragta för att kontrollera uppställningen. Då meridianinstrumentet ej användes till några synnerligt noggranna undersökningar, är förstoringen här ej så stark, högst 245 gånger. I England har man på senare tiden konstruerat vida större instrument än detta, som förskrifver sig från början af tjugutalet,

och särskildt ha de, som egas af pastor Craig i Wandsworth och hvartill optikern Slatter lemnat linserna, varit mycket omtalade. Men storleken en-

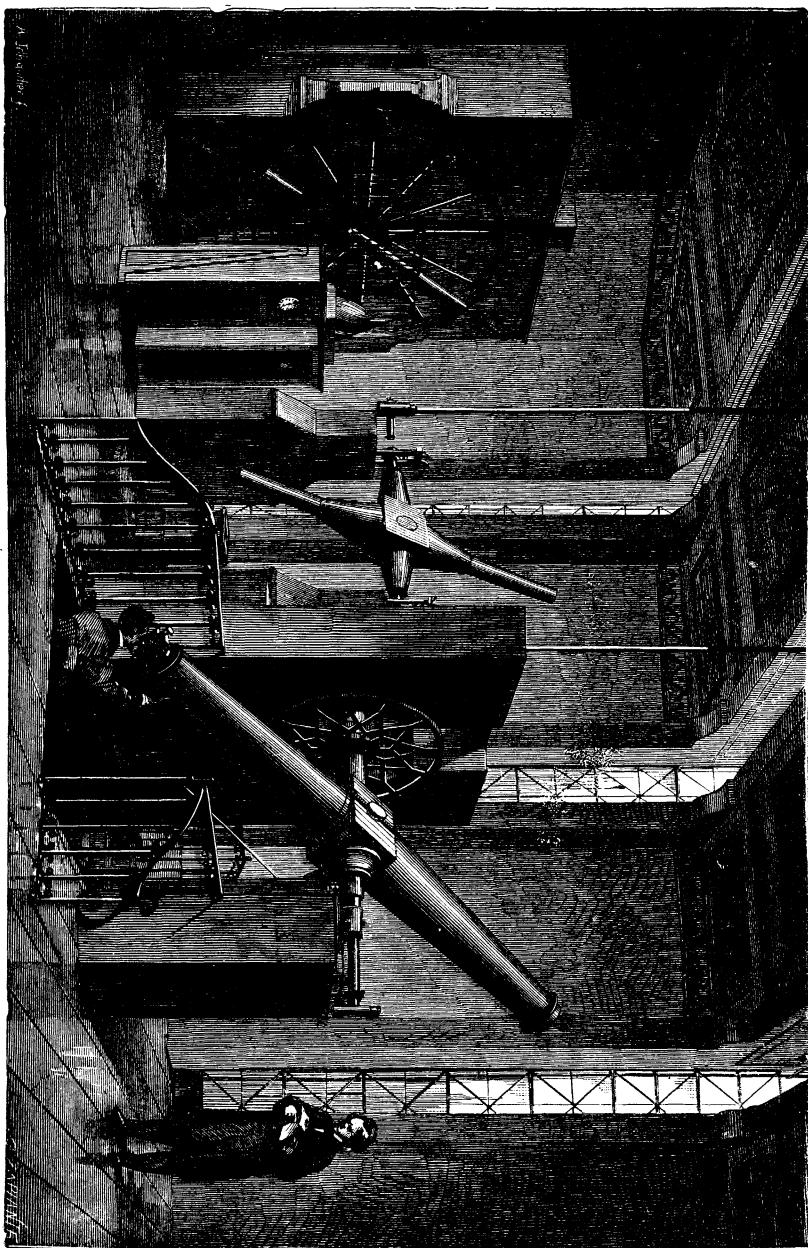


Fig. 283. Meridiancirkeln på observatoriet i Paris.

sam är ej allt, och ännu torde de instrument, som utgått från det forna utzschneider-fraunhoferska institutet i München, stå oöfverträffade.

En särdeles lycklig tanke af Littrow har ledt till ökande af objektivets förstoringsförmåga. Det är nämligen mycket svårare att erhålla stora stycken flintglas af fullkomligt likartad beskaffenhet än sådana af kronglas. I stället för att nu lägga de båda linserna tätt ofvanpå hvarandra, i hvilket fall båda måste ha samma diameter, om inga strålar skola gå förlorade, föreslog Littrow att anbringa flintglaslinsen ett litet stycke bakom kronglaslinsen och göra honom så mycket mindre, som de af den senare redan sammanbrutna strålarna medgifva. Sådana instrument äro sedan 1832 utförda af Plössl i Wien och ha under namn af dialytiska tuber hastigt fått en stor spridning.

Nonien och mikrometern. Då tuberna utgöra de väsentligaste beståndsdelarna i en mängd andra instrument, såsom teodoliten, heliotropen, sextanten, nivelleringsinstrumentet m. fl., och de öfver allt ha till uppgift att ge mätningar en hög grad af noggranhet, torde det här vara på sin plats att omnämna de hjelpmedel, som användas vid noggranna måttbestämningar, i synnerhet till bestämmande af vinklars storlek. Nästan alla astronomiska och geodetiska mätningar äro grundade på vinkelmätningar, och förtroendet till säkerheten af deras resultat kan endast vinnas genom kännedom om deras metod.

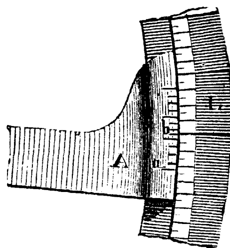


Fig. 284. Nonie.

Först och främst erinra vi oss, att vi redan i beskrifningen på sextanten träffat på namnet nonie. Nonien, så uppkallad efter den portugisiske munken Nuñez (lat. Nonius), är en egendomlig inrättning för en noggrann mätning af mindre vinklar eller längder, än som omedelbart på mätinstrumentet finnas angifna. En graderad cirkelbåge, hvarpå en tubs vinkelrörelse skall mätas, visar t. ex. ännu sjettedelen af en grad, men mätningen måste utföras ända till halfva minuter. Det är för detta ändamål, man begagnar sig af nonien. Han är egentligen ingenting annat än en visare, som, fast förbunden med tuben, vid dess vridning rör sig öfver måttstocken, den uppdelade cirkelbågen. Men han är tillika sjelf en måttstock, såsom fig. 284 utvisar, der delningen L tillhör cirkelbågen, delningen ab deremot den vid den rörliga armen A fästa nonien. Den senares delning står i ett bestämdt förhållande till hufvudcirkelns. Samma längd nämligen, som t. ex. på L är indelad i 29 delar, innehåller på nonien 30 delstreck, så att, om begynnelsestrecken på L och A sammanfalla, afståndet mellan de följande alltid ökas med $^1/_{30}$. Dessa förskjutningar äro mycket lätta att iakttaga, och om begynnelsestrecken ej sammanfalla, utan två senare, skall man af det antal, som ligger emellan dem och nollpunkten, lätt kunna finna det sökta vinkelmåttet. Ligger noniens nollpunkt emellan två delstreck, t. ex. 30^0 20 till 30 minuter, och sammanfaller först hans trettonde delstreck med ett delstreck på cirkelbågen, som är indelad i sjettedels grader, måste till de 20 minuterna ytterligare läggas $^{13}/_{30}$ af 10 minuter eller 4 minuter och 20 sekunder, och den sökta vinkeln är följaktligen $30^0\ 24'\ 20''$.

Jemte nonien är i synnerhet mikrometern för finare mätningar vigtig. Tänkom oss, att i noniens ställe är vid den rörliga armen *A* fäst en liten tub, som är riktad på skalan och i sin brännpunkt har ett trådkors, så att delningen der visar sig ungefär som på fig. 285. Skalan afläses på den punkt, der trådarna korsa hvarandra; sällan inträffar dock, att denna punkt faller alldeles på ett delstreck. Detta låter sig dock göra derigenom, att trådkorset medelst en mikrometerskruf kan flyttas fram och tillbaka, och antalet af kringvridningarna och deras bråkdelar angifva då de små delar, som måste läggas till eller tagas ifrån måttet. Är t. ex. den stora kretsen indelad i sjettedels grader och skrufven behöfver omvridas 30 gånger för att flytta trådkorsets medelpunkt från ett delstreck till ett annat, motsvarar hvar kringvridning af skrufven en vinkel af 20 sekunder, och då en tjugondedels kringvridning beqvämt låter uppskatta sig, kunna vi på detta sätt mäta vinkelstorheter af ända till en sekund. Vid astronomiska mätningar är för öfrigt en sådan storhet alls ingen obetydlighet, som utan men kan förbises, ty hela jupiterskifvans skenbara diameter är endast vid pass 38 sekunder.

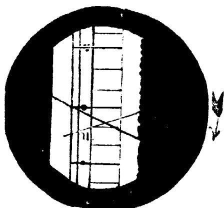


Fig. 285. Mikrometer.

Till sådana noggranna mätningar användas endast **refraktorer**, d. v. s. tuber, som verka genom brytning med glaslinser. Men det ges dessutom äfven andra, som, i synnerhet på Newtons tid, då man ännu ej lyckats befria linsbilderna från deras färgade kanter, mycket användes, emedan färgspridningen i dem ej gör sig märkbar. Sådana instrument äro

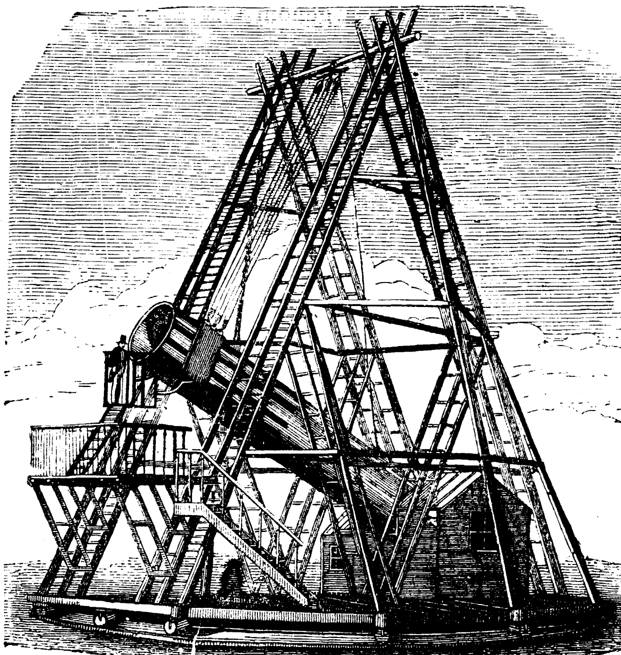


Fig. 286. Herschels jätteteleskop.

Reflektorerna eller **spegelteleskopen.** De uppfunnos kort efter linstuberna, och Zucchi, en jesuitpater, synes ha varit den förste, som fallit på den tanken att i stället för glasobjektiven begagna konkava metallspeglar och genom en okularlins betrakta deras reela bilder. Han skall äfven 1616 ha ut-

fört denna ide, hvilket är så mycket märkvärdigare, som Kepler först flera år derefter i den astronomiska tuben använde den konkava linsen till okular. Zucchis uppfinning blef ej bekant utom Italien. I Frankrike syselsatte sig Mersenne 1639 med den konkava spegelns införande i teleskopin, men hvarken här eller i England, der Gregory arbetade på deras fullkomnande, skänkte man i början spegelteleskopen någon synnerlig uppmärksamhet. Äfven Newton, hvars visserligen oriktiga, men följdrika påstående, att en akromatisk refraktor vore omöjlig att åstadkomma, uppstälde så trånga gränser för opti-

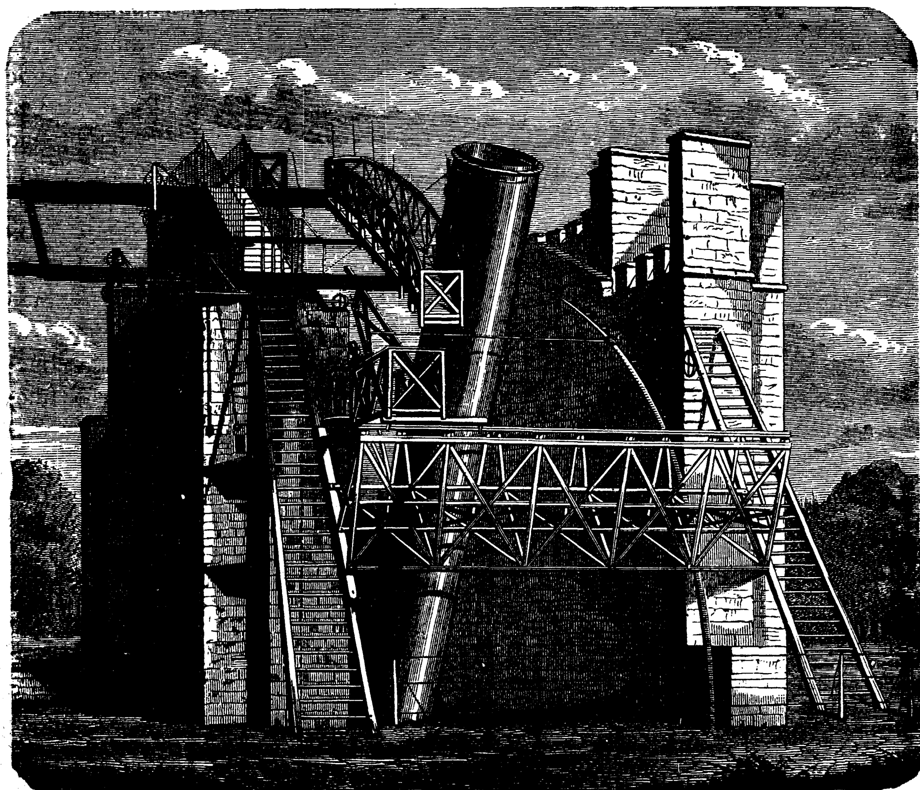


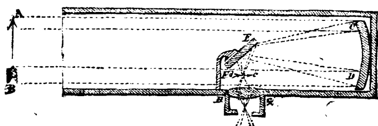
Fig. 287. Rosses instrument vid Parsonstown.

kernas och astronomernas förhoppningar i denna riktning, vände sig åter från reflektorerna, sedan han med egen hand konstruerat två sådana instrument, af hvilka det ena ännu förvaras i det kungliga samfundets museum i London och har denna påskrift: Invented by Sir Isaac Newton and made with his own hand. In the year 1671.

Spegelteleskopen kommo först mera i bruk, sedan Haley, Hawksbee och Cassegray visat, att utmärkta instrument af detta slag kunde åstadkommas; den samtidiga förbättringen af glaslinserna gjorde dock, att de aldrig

uteslutande användes. Berömdast blefvo i England James Shorts spegelteleskop, men framför alla de jätteinstrument, genom hvilkas konstruerande och användande William Herschel gjorde sig till sin tids berömdaste optiker och störste astronom.

Han förfärdigade med egna händer ett stort antal speglar af en sådan fulländning, att han med reflektorer af 20 fots brännvidd kunde åstadkomma en förstoring af ända till 2000 gånger, utan att bilderna blefvo otydliga. Det största af sina teleskop, af hvars uppställning fig. 286 ger oss en afbildning, fullbordade han 1789. Rörets längd utgjorde 40 fot, diametern 5 fot och hela vigten nära 60 centner. Spegeln ensam vägde nära 24 centner, men så förstorade han också ej mindre än 7 000 gånger. Kostnaderna för hela apparaten uppgingo till inemot 40 000 rdr. Gagnet återgäldade dock ej den på arbetet nedlagda kostnaden och mödan, ty ej långt efter sin uppställning förlorade spegeln på en enda fuktig natt sin vackra polityr.


Fig. 288. Newtons spegelteleskop.

Detta herschelska instrument har på senare tid blifvit öfverträffadt af det af Rosse konstruerade ännu större, hvars rör håller i längd 54 fot, medan spegeln har en diameter af 6,7 fot och väger 90 centner; instrumentets hela vigt uppgår till mer än 350 centner. Det är uppstäldt mellan murar af 67 fots längd och 44 fots höjd och skall ha kostat sin egare öfver 200 000 rdr.

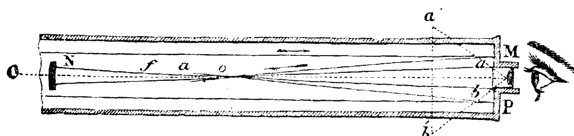


Fig. 289. Genomskärning af det gregoryska instrumentet.

Spegelteleskopets inrättning är enkel och blir af fig. 288—290 lätt begriplig. Den första figuren (288) visar oss ett newtonskt instrument i genomskärning. Det består af en stor träcylinder, på hvars botten den paraboliskt krökta metallspegeln *CD* ligger. Denna spegel mottager från det observerade föremålet *AB* ljusstrålar, hvilka han reflekterar på den lilla i 45° lutande spegeln *FF*. Denna åter har sin plats så långt fram, att först under den samma den reela spegelbilden vid *de* kan bilda sig, hvilken då betraktas genom en förstorande lins *GH*. För bildens nedkastande på linsen begagnar man i stället för den lilla spegeln äfven ett prisma.

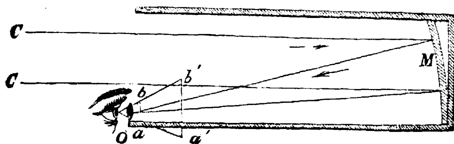


Fig. 290. Det herschelska spegelteleskopets inrättning.

De äldre gregoryska instrumenten (fig. 289) hade en annan inrättning. I dem befann sig midt emot den stora spegeln *MP* och i hans axel en mindre spegel, *N*, af mindre brännvidd, som återkastade strålarna på ett bakom

den i axeln genomborrade objektivspegeln befintligt linsokular, så att man med detta kunde betrakta bilden *ab*.

De mycket stora instrumenten, t. ex. det ofvan nämda herschelska jätteteleskopet, äro inrättade så, som fig. 290 utvisar. Observatorn sitter här med ryggen vänd mot föremålet *CC* och betraktar genom okularet *O* den af den något lutande spegeln *M* återkastade bilden *ab*. Spegelteleskopen, som af refraktorerna blifvit skjutna i bakgrunden, tycktes på den senare tiden, i synnerhet sedan Liebig (1856) visat ett sätt att medelst försilfring åstadkomma mycket varaktiga och ljuskraftiga glasspeglar, åter vilja komma i bruk. Den omständigheten, att i dem färgspridningens störande inverkan bortfaller, talade äfven mycket till deras fördel. Steinheil föreslog derför äfven användandet af försilfrade konkava speglar, och Foucault i Paris konstruerade derefter flera särdeles goda instrument, hvarvid han, för att till okularet afleda de från samlingsspegeln kommande strålarna, i stället för den plana spegeln begagnade sig af ett prisma. Det oaktadt ha de ej kunnat vinna försteget framför refraktorerna, som under tiden ej heller stått stilla, och det synes ej osannolikt, att linsinstrumenten för fina observationer skola behålla sin en gång vunna öfvervigt.

Vilja vi till deras principer jemföra refraktorerna och reflektorerna med hvarandra, kunna vi säga, att spegelteleskopet, den keplerska tuben och den genom infogande af ett omvändande okularsystem ur denna framgångna terresterkikaren tillhöra en och samma klass af instrument, der en reel, genom en förstorande lins betraktad bild alstras, medan deremot den holländska tuben med sin spridningslins representerar en annan klass.

Till linser begagnas på alla tuber så väl plankonvexa som bikonvexa glas, i förra fallet med den plana sidan vänd utåt. Okularets närmande till eller aflägsnande ifrån bilden, som är olika för olika ögon, åstadkommes genom de särskilda rördelarnas inskjutning uti hvarandra, på vanliga kikare med handen, på starkt förstorande finare instrument med en mikrometerskruf, emedan på ett okular af kort brännvidd redan en mycket liten förryckning kan frambringa en temligen betydlig förändring i strålarnas riktning.

Tubens betydelse. Att yttra något om gagnet af ett instrument, som, snart sagdt, är i hvar mans hand, kan synas öfverflödigt. Ej blott för den resande, som vill på förhand göra sig bekant med den trakt, han skall färdas igenom, är kikaren ett oumbärligt instrument, från den fria naturen har han äfven skaffat sig inträde i teatrarnas, museernas och målningsgalleriernas slutna rum. Men hans tjenster inskränka sig ej till att bereda menniskan en njutning; han har en vida högre uppgift. Han skall ej blott på observatoriet utforska himlahvalfvet och de i den eviga rymden kretsande stjernorna, utan äfven i det trånga schaktet djupt under jorden hjelpa fysikern iakttaga horisontalpendelns svängningar och deraf beräkna jordens massa och täthet. De magnetnålens fina utslag, som förorsakas af jordmagnetismens dagliga förändringar, kunna i sina ofantligt små skiljaktigheter endast med tuben noga observeras och mätas. Han uppfångar norrskenet, i samma ögonblick det flammar

upp på den många hundra mil aflägsna polarhimmeln, liksom man med hans tillhjelp ännu kan bestämma den tidslängd, ljuset behöfver för att hinna från objektivet till okularet, och i sjelfva verket har Bradley också på detta sätt funnit ljusets hastighet. Naturforskarnas flesta och finaste mätningsmetoder äro grundade på tubens medverkan, och utan honom, det kunna vi trygt påstå, skulle vårt nu varande kulturtillstånd ej varit möjligt. Väl hade naturforskningen redan i slutet af 16:e århundradet beträdt den rätta vägen, iakttagelsernas och experimentens, men om dessa ej kunna sins emellan qvantitativt bestämmas, hänföras till en för alla gemensam enhet, med andra ord mätas, kunna derutur väl hypoteser, men ej lagar härledas. Den till grund liggande fruktbara iden kan endast genom mått och vigt aflockas det förborgade, och dertill är tuben ett af de yppersta hjelpmedlen.

Det låg i sakens natur, att den nya uppfinningens frukter i första rummet måste komma astronomin och geografin till godo; här uppträdde tuben i sin enklaste gestalt; först långt senare sattes han som hjelpmedel i förbindelse med andra apparater, hvilkas resultat derigenom stegrades till den högsta grad af noggranhet. Och om också det inflytande, han i sin sistnämda användning utöfvat, i hela dess vidd endast kan fattas af den, som är fullt förtrogen med fysiken och hennes metoder, skola dock de ordentliga jättesteg, som alla astronomins discipliner med tuben tagit, vid första blicken falla äfven den oinvigde i ögat.

Vi behöfva blott erinra oss, hvilket omfång kunskapen om himlahvalfvet hade på Ptolemeos' tid, hvilka framsteg han från den tiden till slutet af 16:e århundradet gjort, och på hvilken punkt han nu efter en långt mindre tidrymd befinner sig. Oberäknadt det gagn, tuben gjort den teoretiska astronomin, sådan hon genom Kepler, Galilei, Newton, Huyghens, Laplace, Olbers, Gauss och en mängd andra blifvit utbildad, hafva sedan två och ett halft århundraden den iakttagande astronomins resultat hopat sig till en förut ej anad rikedom. Framstegen under de halftannat tusen år, som närmast föregingo tubens uppfinning, inskränkte sig hufvudsakligen till ett fullständigande af Ptolemeos' stjernkatalog.

Man kände sju planeter, en och annan mera betydande komet skrämde sinnena genom sitt sällsynta och plötsliga uppträdande, och vintergatan var ett oförklarligt töcken.

Det oaktadt hade skarpsinne och flit förträffligt användt de ringa hjelpmedel, man ännu egde, och i de keplerska lagarna och det kopernikanska systemet på bästa möjliga sätt tillgodogjort de vunna erfarenheterna. Men dermed hade man också hunnit höjdpunkten, och äfven dessa betydande reformer behöfde ännu bekräftas af omedelbar iakttagelse och noggrann mätning.

Genom upptäckten af Jupiters, Mercurius' och Venus' faser, en af de första frukterna af Galileis forskningar med tuben på himlahvalfvet, fick läran om solens ställning i planetsystemet en orubblig grundval. Tuben flyttade plötsligt gränserna för stjernkunskapen långt ut i ett omätligt fjerran, ty för det hastigt fullkomnade instrumentet tycktes äfven sjelfva det osynliga tvun-

get att förråda sina lagar. Vintergatan upplöste sig i särskilda stjernor, och nebulosorna visade sig som stora stjernhopar.

Man hade hittills antagit sex olika stjernordningar, men nu såg Galilei på de ställen af himlahvalfvet, som man hittills trott vara alldeles tomma, otaliga nya verldar. Han sammanfattade dem under namnet den sjunde stjernordningen, som han äfven kallade »den första af de osynliga tingen». I Orion upptäckte han öfver 500 nya stjernor och mer än 36 i Plejaderna, der man hittills endast räknat sju. Och återvändande från den omätliga rymden till vårt

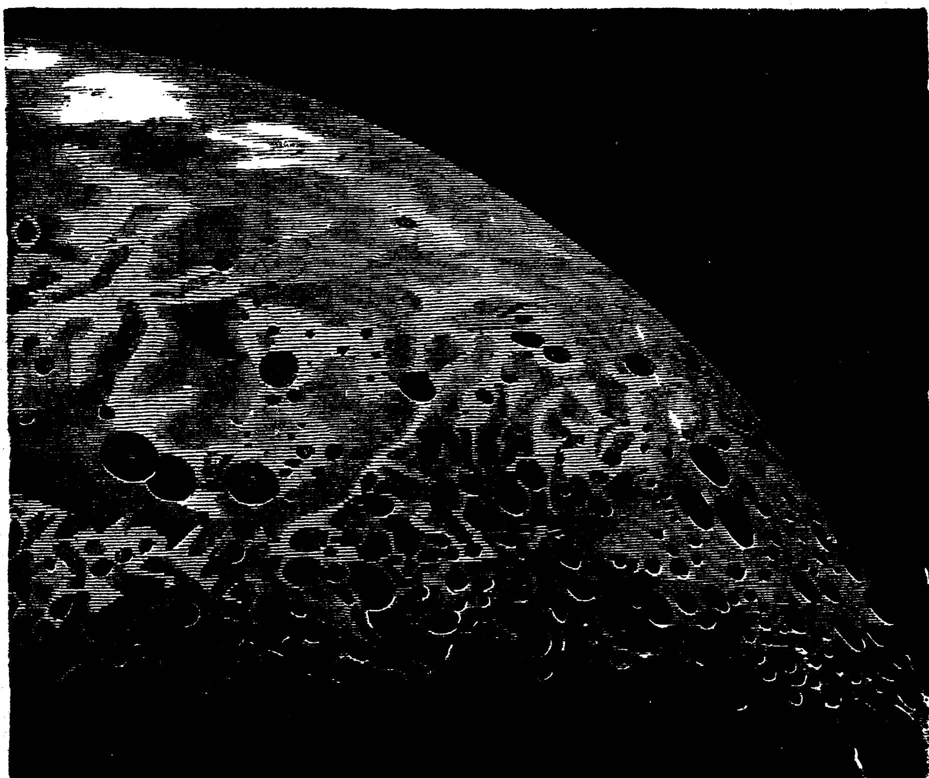


Fig. 291. Ett stycke af månskifvan.

verldssystem, var han den förste, som observerade solfläckarna, af hvilkas förändring han slöt till solens rotation omkring sin axel. »Kometerna på himlahvalfvet äro talrikare än fiskarna i hafvet», utropade Kepler, som genom sitt nyuppfunna synrör öfverraskad såg den ena efter den andra af dessa sällsamma himlakroppar. Af månens olika belysning slöt man snart till tillvaron af berg, dalar och hafsbäcken på dess yta. För de gamla hade vår jords drabant endast varit ett lysande klot med några dunkla fläckar; nu mera ega vi öfver den mot oss vända delen af hans yta noggrannare kartor än öfver en stor

del af vår egen jord. I stället för de elfva planeterna, som ännu för tretio år sedan skyldrade i de geografiska läroböckerna, känner man nu inemot 130, så att de mytologiska namnen ej räcka till för deras betecknande och man måste taga sin tillflykt till siffror. En hel armé af sådana små planeter sväfvar emellan Mars' och Jupiters banor, och oaktadt många af dem äro tre gånger längre från solen än jorden och de minstas diameter knapt uppgår till sju mil, ha de dock blifvit upptäckta af tubernas allt starkare synkraft, elementen af deras rörelse på det noggrannaste mätta samt deras hastighet, massa och täthet beräknade.

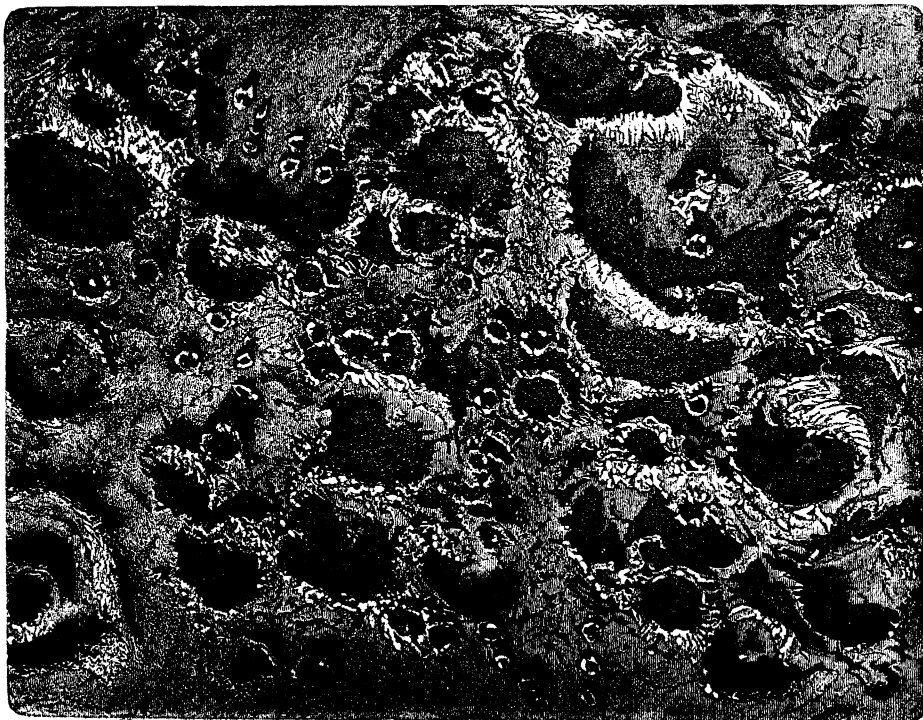


Fig. 292. Ett kraterlandskap på månen i solnedgången.

Utrymmet tillåter oss ej att här ingå i några astronomiska enskildheter; vi vilja blott med några afbildningar visa, huru några bitar af universum te sig för det beväpnade ögat och huru ofantligt vår uppfattning af verlden skiljer sig från alla föregående tiders.

Betrakta vi i något af de första eller sista qvarteren den belysta månskäran med en god tub, skola vi förvånas öfver den praktfulla anblicken. Månens starkt belysta yttre rand öfvergår inåt i allt svagare belysta partier; vi märka tydligt, att vi ha framför oss, ej en platt skifva, utan en afrundad kropp, som från en sida erhåller sitt ljus, men med sin största del för oss

ligger i skuggan. Det belysta stycket gör dock ej på oss intrycket af en likformig yta; vi se der ljusa och dunkla partier, stora jemna fläckar af mindre klar glans, bredvid dem åter skarpa, ringformiga teckningar, som framträda med ett synnerligt lifligt ljus och omsluta djupa skuggpartier. I synnerhet mot månskärans centrum förete dessa ljusringar och ljuspunkter en allt starkare kontrast.

Det behöfves ingen synnerligt liflig fantasi för att finna, att vi här ha framför oss en verldskropp med en på mångfaldigt sätt bruten yta. Vi erin-

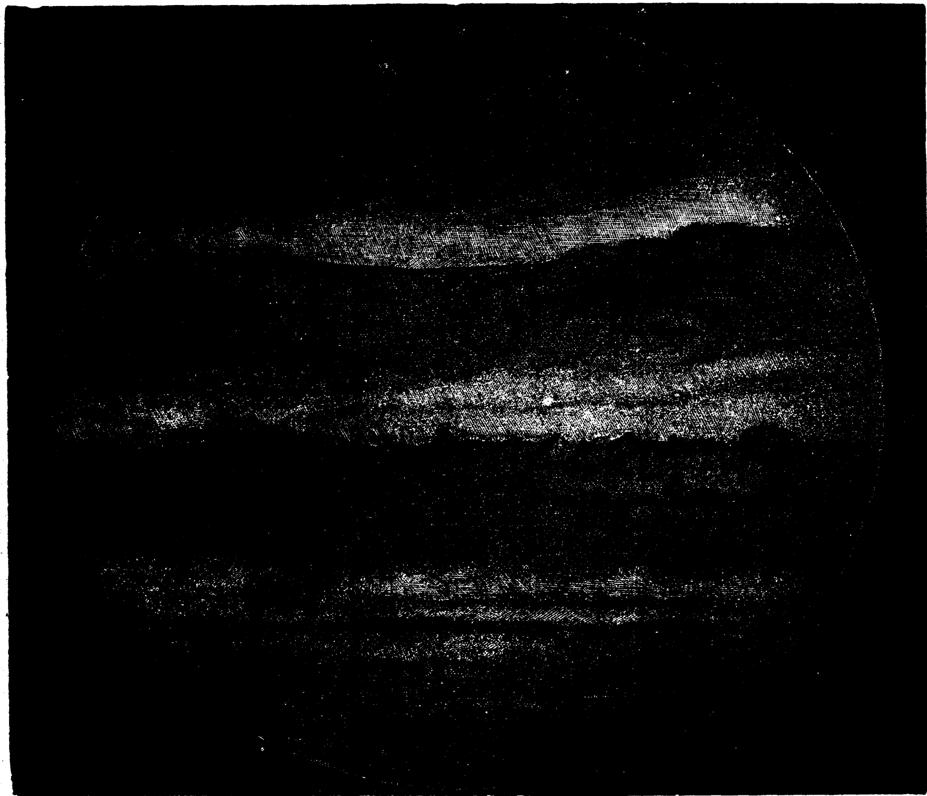


Fig. 293. Jupiters skifva i teleskopet.

ras ovilkorligt om anblicken af höga berg i soluppgången. Vi se de klart belysta topparna strålande skilja sig från de ännu i nattens mörker begrafna kedjorna och dalarna, så att de synas formligt isolerade, och återfinna i de från solen vända, synnerligt mörka ställena bakom månens ljusringar samma djupa skuggor, som i höjden uppdrifna massor kasta ifrån sig ned i de lägre trakterna vid deras fot. Vi skåda ned i stora kittlar, omgifna af höga, brant stupande väggar, som erinra om bristande och under sjelfva bristningen stelnade blåsor. Vi skilja på längden af de kastade skuggorna de större upp-

höjningarna från de mindre och se de högsta topparna, som enstaka, klart lysande punkter, uppdyka från den redan i fullt mörker liggande skifvan. Redan Galilei föreslog att använda skuggornas längd till måttstock för mätande af de särskilda bergens höjd — ty de ringformiga vallarna äro ingen-

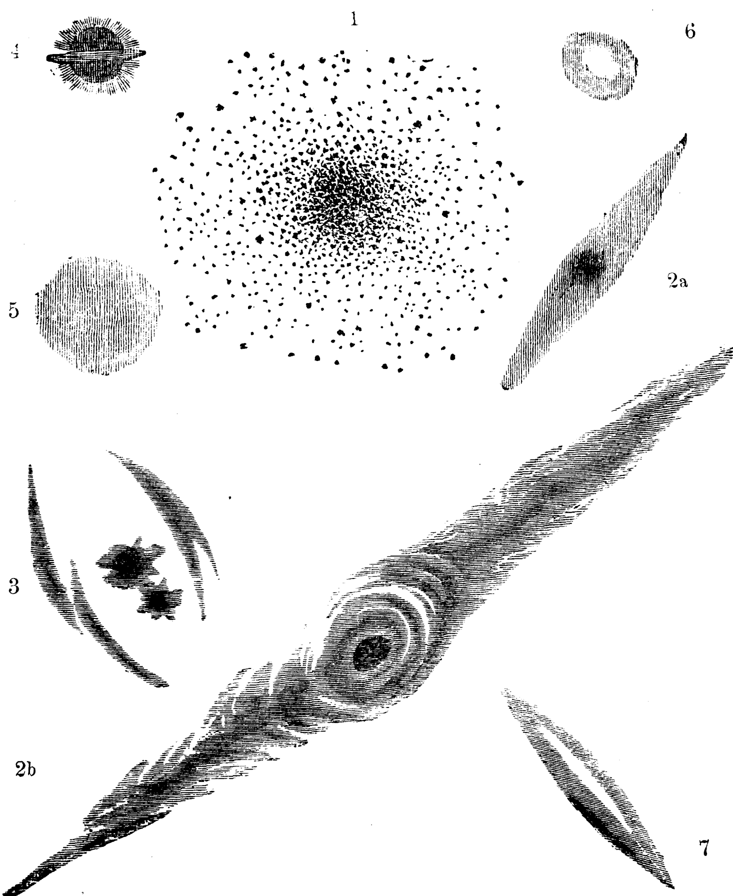


Fig. 294. 1. Nebulosa i Vattumannen, efter Herschel. 2a. Nebulosa i Lejonet, efter Herschel. 2b. Efter Rosse. 3. Dubbelnebulosa i Tvillingarna, efter Rosse. 4. Nebulosa i Vattumannen, efter Rosse. 5. Nebulosa i Oxen, efter Herschel. 6. Ringnebulosa i Lyran, efter Herschel. 7. Ringnebulosa i Andromeda.

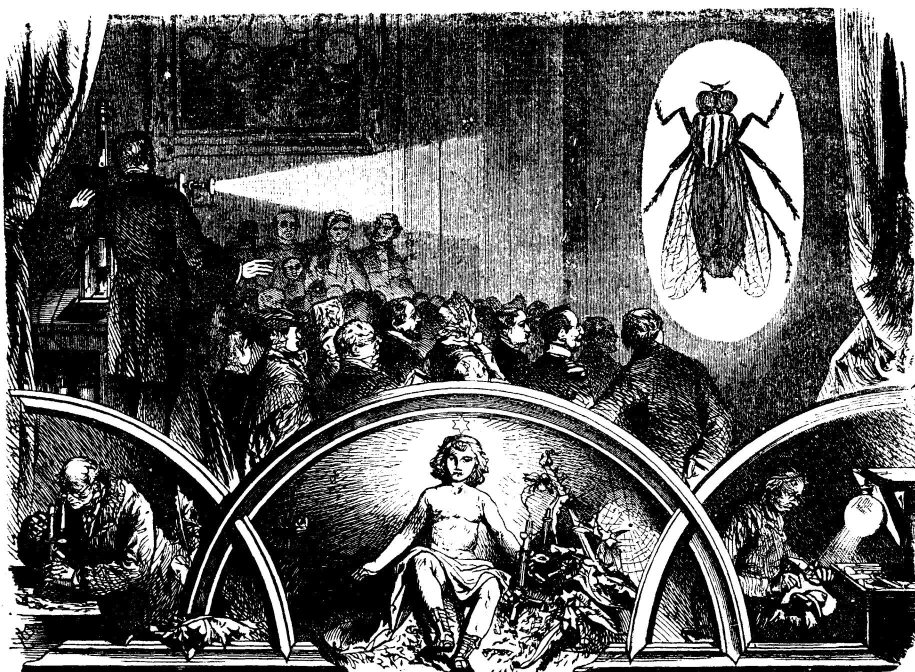
ting annat än berg, vulkaniska berg, slocknade kratrar — och utförde sjelf ett stort antal sådana beräkningar. Genom upprepade mätningar har man nu bestämt höjden af flera sådana månberg, t. ex. Calippus (17 008 fot) och Huyghens (16 032 fot), med sannolikt långt större noggranhet, än man ännu lyckats mäta Chimborazzo på vår egen jord.

Medan fig. 291 visar ett stycke af månskäran, ger oss fig. 292 ett sådant genom en starkt förstorande tub skådadt månlandskap.

Af den egendomligt bildade Saturnus ha vi redan förut gifvit våra läsare en afbildning. I fig. 293 foga vi nu dertill en utsigt af Jupiter genom en starkt förstorande tub. Vi se planeten, hvilken för vårt obeväpnade öga endast visar sig som en lysande kärna på himmeln, öfverdragen med zonartadt lägrade moln af en skarpt utpräglad form, hvilkas regelbundna återkomst efter en viss tid bevisar oss planetens rotation omkring sin axel. Enligt noggranna observationer af dessa moln och deras återkomsttider utgör ett jupitersdygn, räknadt från middag till middag, 9 timmar, 55 minuter och 26 sekunder af vår tid. Vi kunna urskilja och mäta en afplattning hos jupitersklotet, som ger det samma intryckta form vid polerna, som vår jord eger. Vi se månarna kretsa omkring sin planet, och vår afbildning visar oss den mörka kretsformiga skugga, som den till venster om Jupiter stående månen kastar på hans belysta skifva. Deraf, att denna skugga är kolsvart, sluta vi, att Jupiter saknar eget ljus, medan den omständigheten, att månarna än som ljusare, än som dunklare punkter afteckna sig på sin planets yta och att deras skugga ofta synes större än de sjelfva, ger sannolikhet åt antagandet, att Jupiter är omgifven af ett atmosferiskt hölje. Ville vi vidare jemföra resultaten af astronomernas forskningar endast rörande denna planet, med hvars observerande den store Galilei invigde den nyuppfunna tuben och som redan första dagen belönade honom med den vackraste upptäckt, upptäckten af Jupiters månar, skulle vi intagas af en häpnande beundran öfver finheten och bestämdheten af de svar, de gifva oss på frågor, som vi ofta ej ens kunna ställa till den planet vi bebo.

Hos alla stjernor i vårt solsystem kunna vi urskilja deras egenskap af kroppar, men ej ens tuber, som förstora många tusen gånger, äro i stånd att låta oss uppfatta fixstjernorna annat än som lysande punkter utan tydlig diameter. Och när vi betrakta ett af dessa bleka ljustöcken och derpå rikta allt starkare tuber, kunna vi på sin höjd utsöndra allt flera nya ljuspunkter, af hvilka hvar och en är en sol, en verld för sig. Men ville vi jemföra de krafter, som der äro i verksamhet, med dem vi känna, skulle formen af deras massa för vår föreställning öppna ett fält af verkningar, så väldiga, att endast medvetandet om den stränga lagbundenhet, som råder i allt, skulle kunna hindra våra tankar att svindla.

Vi ha i fig. 294 sammanstält några olika stjerntöcken eller, som de äfven kallas, nebulosor. Hvilka ideer om verldar, som hålla på att danas, om attraktion mellan massor, om rotationsverkningar och dylika ursprungliga, kosmiska tilldragelser uppstiga ej inom oss vid betraktandet af dessa sällsamma hopgyttringar af stjernor! Få vi jemföra dessa former med Saturnus, eller är ej sjelfva solsystemet, som vi tillhöra, ett litet stoftkorn i jemförelse med dessa massor af verldar? Och skola vi våga i dessa ofantliga rymder antaga tillvaron af sammanhållande, ordnande och formgifvande krafter af samma art som de, hvilka draga de minsta, på gränsen till försvinnande stående atomerna till hvarandra?



Mikroskopet.

En ny verld. — Det enkla mikroskopet. — Glasögon och förstoringsglas. — Leeuwenhoeck. — Solmikroskopet, uppfunnet af Lieberkühn. — Det sammansatta mikroskopet och dess inrättning. — Chevaliers mikroskop och mikroskop för flera åskådare. — Historiska data rörande dess uppfinning och fullkomnande. — Zacharias Jansen och Galilei. — Mikroskopets användning. — Hvad man ser dermed.

De slipade linsglasen ha i två alldeles motsatta riktningar blifvit oss nycklar till naturens lönkamrar. Teleskopet för våra ögon allt längre genom det oändliga rummet. Mikroskopet afslöjar för oss i det mest begränsade och minsta tillvaron af samma lagar, visar oss, huru der herska alldeles samma krafter som de, hvilka sammanhålla universum, underbara former, som tyckas göra det möjligt att ända till atomen följa harmonins hemlighet, sådan hon i sferernas dans uppenbarade sig för den hänryckte Kepler.

Rundt omkring oss två verldar: en oändligt stor och en oändligt liten, och vi på tröskeln mellan båda. Men forskande sträcker menniskoanden sina tentakler ut öfver gränserna och slår genom luften broar, hvarpå han går öfver för att på nära håll skåda både hvad han anat och icke anat. Och teleskopet och mikroskopet äro två sådana broar, vägar öfver tjusande fält, fulla af ständigt nya upptäckter, förande den häpne vandraren in i ett oöfverskådligt fjerran, der intet obevekligt halt! ljuder honom till mötes.

Der i dag en horisont hvälfver sig, der går menniskan i morgon fram vid sidan af Atene, den fruktbringande vetenskapens gudinna. Hon visar sin skyddling på samma gång lagen och hans nyttiga användning, och samma hand, som utpekar vägen för forskaren, smider i Hefestos' smedja den konstrika skölden. Man kan ej säga, om det är de mekaniska konsterna eller den vetenskapliga insigten, vi i främsta rummet ha att tacka för de så oändligt betydelsefulla instrumenten teleskopet och mikroskopet. Här är tekniken vetenskap och spirar vetandet upp ur konsten.

Mikroskopets uppfinning är vida äldre än tubens; det oaktadt är det först de senaste två och ett halft århundradena, som för ett högre vetenskapligt syfte användt vissa länge sedan bekanta förstoringsfenomen. Och om vi betrakta upptäckterna på den organiska naturens område, djur- och växtfysiologin, hvarigenom först den gamla naturalhistorien blifvit en vetenskap, om vi öfverskåda den klyfta, som skiljer nutidens naturåskådning från en ej mycket aflägsen tids fantastiska drömmerier, skola vi först lära oss rätt uppskatta betydelsen af en uppfinning, som för en riktig naturkännedom blifvit vigtigare än till och med tuben. Ty huru mycket tuben än vidgade blicken och höjde tanken, gaf han dock i sjelfva verket genom sina herliga upptäckter endast en storartad bekräftelse åt lagar, som antingen redan voro kända eller kunde härledas ur telluriska förhållanden. Mikroskopet deremot förde forskaren in i en fullkomligt ny verld, i de organiska förändringarnas verld, i en verld, om ej af vardande, åtminstone af växande, det gaf honom denna inblick i naturens hemliga verkstad, som inga matematiska slutledningar kunna förbereda eller ersätta. Allt, hvad denna det oändligt lillas verld visar oss, var ända till 17:e århundradet ett obekant område och det här upptäckta i allt en ny eröfring.

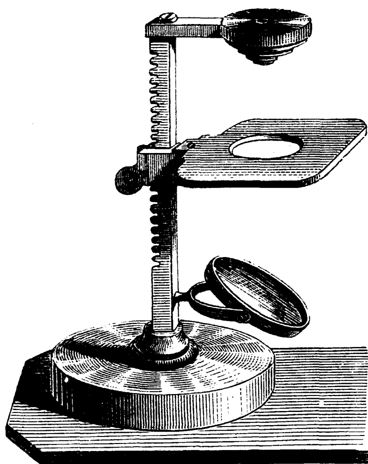


Fig. 296. Det enkla mikroskopet.

Det enkla mikroskopet. Den vanliga konvexlinsen är så till vida redan ett mikroskop, som bilden, om vi genom linsen betrakta ett föremål, blir större än föremålet sjelft. De äldre förstoringsinstrumenten inskränkte sig också endast till detta enkla instrument, som, slipadt af glas, erhöll en infattning af horn eller messing och kallades lup. Ju bugtigare linsen är, desto större är hans förstoringskraft, och i de så kallade glasdropparna eller fågelögonen begagnar man till och med som förstoringsglas helt små glaskulor.

Ehuru visserligen Seneca omnämner den iakttagelsen, att man genom ihåliga, med vatten fylda kulor ser de bakom befintliga föremålen större och tydligare, och ehuru man eger en mängd andra bevis, att de gamla känt sfe-

riska glaskroppars förstorande kraft, synes man dock först temligen sent gjort en medveten användning af denna företeelse. De märkvärdigt fina och sirliga arbeten af gamla grekiska stensnidare, som ännu finnas i behåll, kunde visserligen föranleda oss att tro, att de blifvit utförda med tillhjelp af förstoringsglas. Men vi finna ej från hela forntiden något enda verkligt bevis derför, ty de i jorden funna linserna kunna lika väl uteslutande användts som solglas, då de vestaliska jungfrurna endast med solljuset fingo åter tända den heliga elden, när han slocknat. Araben Alhazen, som lefde omkring medlet af 11:e århundradet, var sannolikt den förste, som använde egentliga linser till förstoringsglas. Märkvärdigt är dock, att detta framsteg ej ledde till några vidare följder. Härtill torde bland annat äfven den omständigheten ha bidragit, att Alhazen och ännu senare forskare lade sina linser omedelbart på bokstäfverna af den skrift, de ville förstora, och att det helt och hållet synes ha undgått dem, att resultatet blir vida gynsammare, om man håller linserna på något afstånd från det betraktade föremålet.

Med uppfinningen af glasögonen i 13:e århundradet blef dock linsslipreriet ett yrke, som hastigt utbredde sig öfver alla länder, och häraf blef åter en naturlig följd, att en mängd försök anstäldes, som ledde till förbättringar. Man gaf glasen större bugtighet och använde äfven redan på samma gång två eller tre linser, som anbragtes så nära hvarandra, att de verkade på samma sätt, i det de gjorde strålarna allt mera konvergerande. Dylika linskombinationer kallar man enkla mikroskop. De förses vanligen med en infattning af messing och anbringas två, tre eller flera i rörlig förening med hvarandra på ett stativ, så att man efter behag kan använda ett eller flera af dem. Sådana instruments förstoring kan drifvas temligen långt. Man har slipat linser, som förstorade ända till tre hundra gånger, och med de för samma ändamål använda glasdropparna kunde man till och med stegra förstoringen till åtta hundra gånger. Härmed var dock den olägenheten förenad, att synfältet minskades, i samma mån kraften ökades. Man uppbjöd dock alla bemödanden för att förbättra de små instrumenten, och på detta sätt bragtes de snart till en fulländning, som gjorde dem användbara för vetenskapliga ändamål.

Voro de första apparaterna mera kuriositeter och förlustelsemedel, finna vi deremot redan Leeuwenhoeck ifrigt syselsatt att med apparater, som han sjelf konstruerat, studera växternas och djurens inre bygnad, och hans förträffliga, efter naturen tecknade afbildningar äro det bästa beviset på den fullkomning, han gifvit sina instrument. Han hade fäst linserna vid ett vertikalt stativ och under dem anbragt en liten objektskifva, som han medelst en skrufinrättning kunde föra upp på den behöriga höjden i linsernas brännpunkt. Redan han förenade dessutom dermed en belysningsapparat af konkava speglar, som genom det infallande ljuset gaf de små föremålen en större klarhet. Dessa bihang ha af senare forskare (Muschenbroeck, Hooke m. fl.) blifvit på mångfaldigt sätt förändrade och förbättrade.

Solmikroskopet står till sin inrättning emellan det enkla och sammansatta mikroskopet. Medan den vanliga lupapparaten endast afser att under

större konvergens leda de från föremålet utgående strålarna in i ögat, framkallas genom solmikroskopet en reel bild, som, på behörigt afstånd uppfångad, återger föremålet visserligen upp- och nedvändt, men betydligt förstoradt; i det sammansatta mikroskopet deremot blir en i rörets inre alstrad reel bild, liksom i tuben, betraktad genom ett okular.

Solmikroskopet är inrättadt helt och hållet efter principen för laterna magican, endast med den skilnaden, att i stället för glasmålningarna här föremålet, som skall förstoras, mellan två glasskifvor inskjutes i instrumentet. Belysningen sker, såsom redan namnet antyder, genom direkt solljus, hvilket medelst en heliostat kastas på en samlingslins och af denna koncentreras på föremålet. I brist på solljus använder man till belysning argandska lampor, drummondskt kalkljus eller knallgas o. s. v. (lamp- eller hydrooxygenmikroskop). Det ligger i sakens natur, att de med dessa apparater alstrade bilderna ej kunna ega den skärpa, som är nödvändig för vetenskapliga undersökningar. Solmikroskopet begagnas derför också endast till förevisningar, som mera afse att i förstorad skala framställa för det obeväpnade ögat osynliga föremål, såsom det fina stoftet på blommornas blad och fjärilarnas vingar, kritans kiselpansar, kristallbildningar o. s. v., och dermed bereda en angenäm öfverraskning än att gifva åskådaren en klar inblick i de minsta delarnas beskaffenhet.

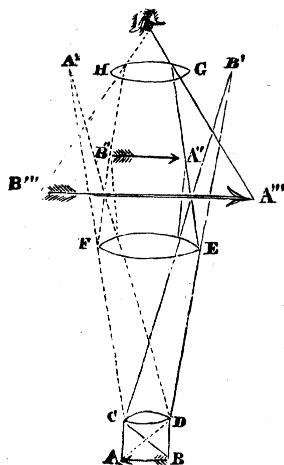


Fig. 297. Det sammansatta mikroskopets princip.

I fråga om solmikroskopet kan ej gerna blifva tal om någon särskild uppfinnare, ty dess inrättning var redan med den äldre laterna magican gifven, och i användningen af solstrålarna i stället för en lamplåga låg ingen väsentlig förändring. Emellertid tillskrifves uppfinningen vanligen amsterdamaren Lieberkühn, hviken offentligt förevisade solmikroskopiska bilder och genom de öfverraskande, fantasin på det högsta tilltalande effekterna skaffade de mikroskopiska undersökningarna många nya vänner. Iden till instrumentet sjelft skall Lieberkühn fått af den 1736 aflidne Fahrenheit.

Det sammansatta mikroskopet. Det förefaller märkvärdigt, att det sammansatta mikroskopet, oaktadt dess uppfinning är lika gammal som de enkla apparaterna med kombinerade linser, i sin utveckling så länge stannade efter dessa, att ända till början af detta århundrade nästan alla vetenskapliga mikroskopiska undersökningar gjordes med den vanliga linsapparaten. Orsaken, hvarför man gaf det till en så hög grad af fulländning bragta enkla mikroskopet företräde, låg i den kromatiska afvikelsen, i de färgade ränderna, som gjorde det sammansatta mikroskopets bilder otydliga, innan man ännu lärt sig åstadkomma goda akromatiska linssystem. Men då man deri vunnit en

viss färdighet, voro möjligheten af en starkare förstoring, det större synfältet och upphäfvandet af den sferiska afvikelsen, som i de enkla linserna gör sig så märkbar, att nästan endast de i axelns omedelbara närhet infallande strålarna äro användbara, en tillräcklig anledning att med all ifver arbeta på det sammansatta mikroskopets förbättrande. Såsom redan är nämdt, skiljer sig det senare från det enkla derigenom, att man förenar två system af glas, ett objektiv och ett okular, hvarigenom man sålunda inuti instrumentet framkallar en verklig bild af föremålet och derefter betraktar det med en förstorande okularlins. Vi behöfva blott erinra oss tubens inrättning för att af fig. 297 få hela förloppet härvid klart och tydligt för oss. *AB* är det observerade föremålet, hvars bild genom objektivet *CD* skulle framkallas i *A' B'*, om ej den der emellan liggande kollektivlinsen förut tvunge strålarna att konvergera och redan i *B'' A''* framkallade bilden. De derifrån vidare gående strålarna brytas nu genom okularet *GH* till ögat och åstadkomma genom sin konvergens, att bilden, förlagd på afståndet för det tydliga seendet, visar sig i storleken *A''' B'''*.

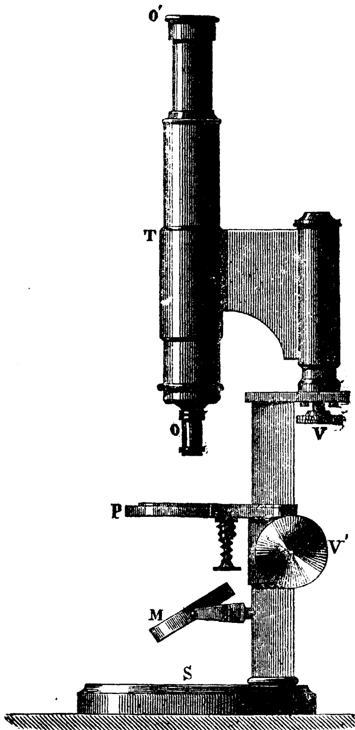


Fig. 298. Sammansatt mikroskop.

Detta är grundprincipen för alla sammansatta mikroskop. Hvilka förändringar än optikerna kunna gifva den yttre konstruktionen af sina instrument, förblir dock linsernas anordning i alla den samma. Glasens antal är visserligen ofta långt större än på vår teckning, men detta kommer deraf, att man i stället för en bikonvex lins hellre anbringar två plankonvexa; till okular begagnar man vanligen det campaniska (fig. 279), medan objektivet utgöres af flera bakom hvarandra stälda linser, genom hvilkas olika kombination olika grader af förstoringar erhållas. Linsernas antal fördubblas dessutom derigenom, att man till de bättre instrumenten nu mera endast använder akromatiska glas.

Fig. 298 är en afbildning af ett sammansatt mikroskop, såsom det nu af de flesta optiker med obetydliga afvikelser konstrueras. Röret *T* innehåller dess hufvudbeståndsdelar, okularet *O'* och objektivsystemet *O*. Liksom teleskopröret, är det invändigt svärtadt. Det är anbragt på ett vertikalt stativ, hvarvid det medelst skrufven *V* kan fästas. Den noggranna inriktningen öfver det på objektskifvan *P* befintliga föremålet, som skall observeras, verkställes medelst skrufven *V'*, som flyttar objektskifvan upp och ned. Denna skifva är i midten genombruten, för att det af den rörliga spegeln *M* återkastade ljuset må kunna belysa föremålet. För att efter behof kunna öka eller minska ljuset skjutes

en med flera stora hål genombruten skifva framför öppningen. Ogenomskinliga föremål belysas uppifrån genom en samlingslins.

Chevalier har uppfunnit en konstruktion, der strålarna genom den totala reflexion, som de undergå i ett i röret *a* (fig. 299) anbragt glasprisma, i horisontal riktning kastas på okularet, så att betraktaren ej behöfver skåda uppifrån och nedåt, utan endast rakt framför sig. Medelst inskjutande af ett på egendomligt sätt slipadt prisma har man äfven lyckats åstadkomma instrument, hvarigenom flera personer kunna på samma gång observera ett föremål (fig. 300). Liksom på Chevaliers mikroskop, är detta prisma anbragt öfver objektivlinssystemet; hvarje åskådare har sitt eget okular. För jemförelse af iakttagelserna vid gemensamma undersökningar och i synnerhet vid undervisningen torde denna anordning ha åtskilliga företräden framför de öfriga, ty betraktandet af mikroskopiska föremål fordrar en öfvad blick, som man först förvärfvar, sedan man i det minstas obekanta verld blifvit narrad af månget stoftkorn och dylikt, som man i början lätt tar för lefvande varelser.

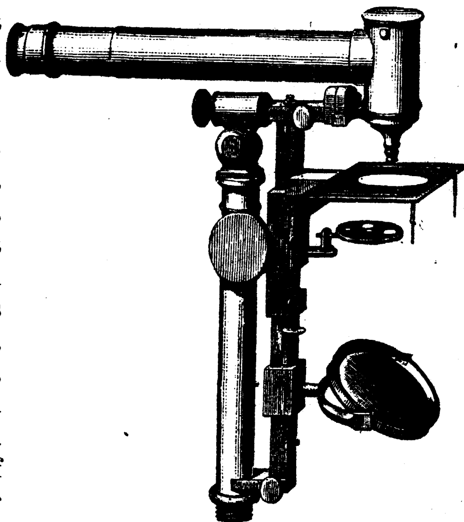


Fig. 299. Chevaliers mikroskop.

Mikroskopets historia sammanfaller, såsom vi redan sett, i sina första skeden med linsernas historia och uppfinningen af glasögonen. Att hon går mycket långt tillbaka, ha vi äfvenledes redan sett, och om Neros bekanta smaragd varit ett synglas, skulle denna omständighet tyda derpå, att man redan då var förtrogen med konkava linsers konstruerande och verkningssätt, ty Nero skildras oss af samtida författare som närsynt. Roger Bacon (död 1292) omnämner dock ännu endast konvexa linser, hvilkas begagnande han rekommenderar åt gamla personer, som lida af långsynthet. Uppfinningen af glasögonen gjordes sannolikt i slutet af 13:e århundradet af Armati från Firenze och erhöll genom Alessandro di Spina en allmännare spridning. Den första tillförlitliga underrättelsen om "de nyligen uppfunna glasen, kallade brillor, en verklig välsignelse för gammalt folk med svag syn", förskrifver sig från år 1299. En så nyttig uppfinning måste hastigt utbreda sig i alla länder, och redan i början af trettonhundratalet voro, såsom Humboldt i Kosmos berättar, glasögon i Haarlem någonting alls icke obekant. Det stora behofvet framkallade en ny industri, glassliperiet, som snart idkades i hvarje någorlunda stor stad. Detta var i synnerhet fallet i Holland, der då mycken lifaktighet rådde på alla områden, och särskildt har den lilla staden Middelburg derigenom skaffat sig ett namn af första rangen

i uppfinningarnas historia, ty ej blott tuben, utan äfven mikroskopet uppfans i der varande optikers verkstäder.

Man har ofta förvexlat de båda unga uppfinningarnas öden med hvarandra, och derutaf kommer det, att vi i mikroskopets historia återfinna samma pretendenter, som göra anspråk på äran af teleskopets första uppfinning.

I synnerhet hafva Cornelius Drebbel från Alkmaar och Galilei, den förre af holländarna, den senare af italienarna, fått sig tillerkänd denna ära, men, såsom de senaste undersökningarna visat, båda utan grund. Det har nämligen blifvit ådagalagdt, att det första mikroskopet i slutet af 16:e århundradet (sannolikt redan 1590) utgått ur den middelburgske glasögonsfabrikanten Jansens verkstad. De i kapitlet om tuben redan omnämda domstolsundersökningar, som Willem Boreel, hvilken kallar sig en gammal lekkamrat till Zacharias Jansen, Hans Jansens son, lät anställa för att åt sin fädernestad rädda äran af den stora upptäckten, lade i dagen, att långt före Lippersheys uppfinning ett sammansatt optiskt glas funnits i Jansens familj, hvilket, liksom tuben, då rätt och slätt kallades ögonglas, men, att döma af beskrifningen, ej varit någonting annat än ett sammansatt mikroskop. Det sväfvande i benämningen har sålunda haft till följd, att än de båda Jansen, fader och son, blifvit ansedda som uppfinnare af tuben, än Lippershey gått och gält som konstruktör af det första mikroskopet.



Fig. 300. Mikroskop för tre åskådare.

Ett sådant, måhända det första, förärade Jansen prins Moritz af Sachsen och fick derför en belöning. Då Boreel 1619 på en beskickning befann sig i

England, såg han hos hofmatematikern Cornelius Drebbel ett sådant instrument, som denne sade sig ha fått till skänks af erkehertig Albert. Detta mikroskop bestod af ett $3\frac{1}{3}$ linier bredt rör af förgyld koppar, uppburet af messingsdelfiner, som stödde sig på en skifva af ebenholts. Denna skifva var äfven försedd med en inrättning för de observerade föremålens fästande. Men det låter äfven bevisa sig, att den österrikiske prinsen af Jansen fått sig föräradt ett mikroskop, fullkomligt liknande det drebbelska instrumentet. Den, som känner mängdens benägenhet att vid en glänsande ställning fästa höga egenskaper, men deremot anse det, som ej lyser, värdelöst, kan det ej förvåna att höra den vidtbekante, högt ansedde vetenskapsmannen prisas som uppfinnare af de mikroskop, som han efter den jansenska modellen förfärdigade och utdelade bland sina talrika beundrare och bekanta. På den obetydlige glassliparen i Middelburg tänkte ingen. En slägting till Drebbel, Jakob Kuppler från Köln, kom 1622 till Rom för att vid det påfliga hofvet förevisa det underbara instrumentet. Han dog dock, innan han fick tillfälle att göra mikroskopet bekant derstädes.


Fig. 301. Zacharias Jansen.

Från Paris skickades nu andra mikroskop till Rom, men man var der så obekant med den nya uppfinningen, att man först efter Galileis ankomst lyckades se klart dermed. Det var högst sannolikt dessa instrument, Galilei eftergjorde och hvarefter han sammansatte det mikroskop, som han 1624 skickade Bartolomeo Imperiali i Genova. Galilei skall visserligen redan 1612 skickat ett mikroskop till konung Sigismund af Polen, men det finnes ingenstädes uppgifvet, huru det varit beskaffadt, och hvarken om detta eller något annat liknande instrument af Galilei nämnes vidare ett ord före 1624, då han skall ha betydligt förbättrat mikroskopet och förfärdigat ett stort antal sådana. Härutaf synes med visshet framgå, att han af mikroskopets, liksom af tubens uppfinning ej har någon annan förtjenst än den att ha gjort henne allmännare bekant och använd.

Men denna förtjenst blir af betydande art genom den ifver, hvarmed Italiens vetenskapsmän använde det nya instrumentet vid sina forskningar, hvarigenom det erhöll många förbättringar. Francesco Stelluti hade redan 1625 mikroskopiskt undersökt binas anatomi, Marcello Malpighi i Bologna

påvisade blodets cirkulation i hårkärlen på grodans simhud, och optikern Divini insatte i stället för en bikonvex okularlins två plankonvexa glas, som berörde hvarandra med midten af sin bugtiga yta, hvarigenom den sferiska afvikelsen betydligt minskades. Campani uppfann det efter honom benämda okularet.

I England utgaf Robert Hooke 1665 sin mikrografi, iakttagelser öfver särskilda delar af växt- och djurkroppen, gjorda med instrument, som han sjelf förfärdigat. Hans mikroskop bestod af fyra rördelar, som kunde skjutas uti hvarandra och hvari okular, kollektiv och objektiv befunno sig. Medelst en skruf kunde det småningom föras allt närmare det observerade föremålet. För öfrigt hade redan Galilei gifvit sina instrument sådana skjutbara rör. Näst Hooke förtjena i de mikroskopiska undersökningarnas historia nämnas engelsmännen Henshaw och Nehemias Grew. I Tyskland har i synnerhet Sturm i Nürnberg gjort sig förtjent om mikroskopets fullkomnande derigenom, att han var den förste, som, för att förekomma sferisk och kromatisk afvikelse och frambringa så skarpa och färgfria bilder som möjligt, sammansatte objektivet af två kombinerade linser, antingen två bikonvexa eller en plankonvex och en bikonvex lins. Han lyckades visserligen ej så, som han önskat, och i följd af de ofvan nämda bristerna, som äfven genom de af Huyghens föreslagna linserna med stor brännvidd endast till en del undanröjdes, förblef den enkla lupapparaten fortfarande i bruk, medan det sammansatta mikroskopet af få och nästan endast försöksvis användes.

Förbättringarna i det sammansatta mikroskopets mekanism afsågo hufvudsakligen objektskifvan och belysningsapparaten. Den förra försågs snart efter den hookeska iden med en fin skrufinrättning, och till den senare användes linser och speglar, än åtskilda, än kombinerade. En vigtig förbättring gjordes af tysken Hertel. Han gaf sina instrument en spegel, som, vridbar åt alla håll, kunde intaga alla möjliga lägen till objektet. Objektskifvan hade en rund öppning för genomskinliga föremål och var för ogenomskinliga hvit eller svart. Instrumentet var rörligt på ett gångjern och kunde för mikroskopiska mätningar förses både med skruf- och nätmikrometer. De hertelska instrumenten blefvo genom sin stora praktiska användbarhet förebilder för senare optiker, såsom Martin, Adams, Dollond, Reinthaler, Brander m. fl., och deras inrättning är i det nu varande mikroskopet i allt hufvudsakligt bibehållen.

Mikroskopets egentliga själ, glasen, erhöll dock först under tiden efter Euler sin fullkomligare utbildning. Då den ännu ej undanröjda färgspridningen var i hög grad menlig för bilderna, ville Robert Barker och andra införa reflekterande mikroskop, hvari, liksom i spegelteleskopen, objektivet ersattes af en ihålig spegel, men bildernas stora ljusfattigdom gjorde dessa bemödanden fruktlösa. Deremot sökte Dellabare genom att till sina okular använda en egendomlig kombination af kron- och flintglaslinser minska den sferiska afvikelsen och genom inskjutning af en kollektivlins förstora synfältet. Liksom Sturm, använde äfven han olika objektiv för att åstadkomma olika förstoringar och inrättade för det ändamålet sina rör till förlängning och hop-

skjutning. Men Dellabare sjelf använde ännu ej någon akromatisk dubbellins; detta gjorde först Aepinus, efter hvilken holländarna Beeldsnider, Jan och Herman van Deyl förfärdigade utmärkta mikroskop. Aepinus' instrument voro dock ännu allt jemt behäftade med bristen att hafva linser med allt för stor brännvidd, i följd hvaraf de blefvo otympligt långa och mycket obeqväma att handtera. I van Deyls objektiv deremot, af hvilka hvarje mikroskop hade två, var brännvidden endast 10,1, ja, i somliga till och med endast 5 linier. De bestodo af en bikonvex kronglaslins och en nästan plankonkav lins af flintglas och skola varit så utmärkta, att de vida öfverträffade flera senare objektivsammansättningar.

Det dröjde i sjelfva verket länge, innan de praktiserande optikerna kunde hålla jemna steg med den framåtskridande vetenskapen och tillfredsställa hans allt jemt stegrade fordringar, och om också Fraunhofers mikroskop i verkligheten ännu ej uppnådde det högsta, var det dock äfven här hans snillrika ideer, som hastigt ledde andra till åstadkommande af något fullkomligare. Stödjande sig på Fraunhofers bestämningar, gaf den franske fysikern Ernest Selligue optikern Chevalier anvisningar för konstruerande af ett mikroskop, som i sina verkningar öfverträffade alla föregående. Det hade fyra akromatiska dubbellinser af 12,46 liniers brännvidd, som kunde förenas med hvarandra, en inrättning, som med största framgång blifvit tillämpad på alla senare mikroskop. Bildernas klarhet lemnade dock ännu mycket öfrigt att önska, emedan Chevalier på sitt objektiv vändt linsernas bugtiga yta mot föremålet. Ett stort framsteg hade emellertid blifvit gjordt, och deraf sporrades Amici att lemna sitt i half förtviflan påbörjade spegelmikroskop å sido och åter gripa sig an med förfärdigande af linsobjektiv. Han inrättade dock sina linser så, att så väl på okularet som på objektivet den plana ytan kom utåt, och lyckades sålunda nästan helt och hållet upphäfva den sferiska afvikelsen (aplanatiskt mikroskop). Året 1827, då Amici fick det första mikroskopet af detta nya slag färdigt, skall derför alltid anses som en epok i den praktiska optikens historia.

Det sammansatta mikroskopet hade dermed slagit det enkla på alla punkter, och segern blef med hvart år allt fullständigare. Namnen Merz und Söhne i München, Oberhäuser i Paris, Ross, Powells, Smith och Beck i London, Plössl i Wien, Schieck, Béneche, Wasserlein och Wappenhans i Berlin, Kellner i Wetzlar m. fl. ha blifvit ärofullt införlifvade med de vigtigaste af de upptäckter, som under de senaste tretio åren i så utomordentligt rikt antal blifvit gjorda på det organiska lifvets område; ty dessa upptäckter ha till allra största delen blifvit möjliga endast genom biträde af de mikroskop, som utgingo ur dessa konstnärers verkstäder.

Mikroskopets användning. Den stora spridning, som dessa instrument i följd af sin prisbillighet under senaste tiden erhållit, och den dermed sammanhängande allt mera utbredda lusten för mikroskopiska arbeten föranleda oss att här tillägga några ord om mikroskopets behandling.

Så framt man ej vill nöja sig med betraktande af färdiggjorda mikroskopiska preparat, som i handeln finnas att tillgå, utan sjelf vill göra sig sådana, måste man först och främst skaffa sig en materialsamling, som bör innehålla: några objektskifvor, ett antal mycket fina, ungefär halfannan linie i fyrkant hållande små glasplattor, så kallade täckglas, några skarpa preparerknifvar och preparernålar, en pincett, en slipsten, en strigel, några penslar, urglas, glasnålar, små porslinskoppar, en spritlampa, en liten lupapparat och en sats kemiska reagentier, såsom ättiksyra, klorkalciumlösning, glycerin, jodlösning, absolut alkohol, utspädd engelsk svafvelsyra, salpetersyra, kopalfernissa, canadabalsam och sockerlösning. Till objektskifvor användas aflånga fyrkantiga spegelglasplattor af ungefär 8 liniers längd, 7 liniers bredd och $^2/_3$ linies tjocklek, som måste vara fullkomligt färglösa och ej innehålla några blåsor. Till preparerknif kan man använda en fin engelsk rakknif med fullkomligt slätt och så tunt blad som möjligt; på hårda föremål, såsom horn, trä o. s. v., måste man använda knifvar med starkare blad. Mjuka föremål, genomskärningar af växtdelar eller mycket fina objekt, såsom hårstrån och dylikt, preparerar man emellan kork, i det man inklämmer föremålet mellan de båda hälfterna af ett på längden klufvet fint korkstycke och vinkelrätt mot dess längdaxel afskär tunna skifvor deraf. Preparernålarna äro gjorda af mycket fint, hårdt stål och måste ha en fullkomligt rostfri spets, hvarför man äfven ofta slipar dem på en fin slipsten. Utom raka nålar använder man äfven vid objektens preparering nålar med hakformigt böjd spets.

Mikroskop af utmärkt beskaffenhet, som för de flesta undersökningar äro fullt tillräckliga (tre objektivsystem med 15 till 400 gångers linearförstoring till ett pris af 80 rdr) förfärdigas hos Béneche och Wasserlein i Berlin, större, hufvudsakligen för fysiologiska undersökningar, (för omkring 130 rdr) hos Schieck; för ännu finare observationer torde Kellners, Oberhäusers och Plössls instrument vara mest att rekommendera. En sådan apparat kostar dock 350 rdr och derutöfver, ja, de största engelska mikroskopen finnas på priskuranterna upptagna till ett pris af 1 500 till 2 000 rdr.

Uppgifter rörande de särskilda objektivsystemens förstoringskraft finnas alltid instrumentet bifogade. Är man dock oviss derom och sålunda nödsakad att sjelf söka utröna dess förstoringskraft, använder man dertill mikrometrar af samma slag, som dem vi i kapitlet om teleskopet lärde känna. Den starkaste förstoring, man på de bästa instrument användt, torde vara omkring 1 500 gånger. Denna gräns är dock ej den yttersta, som i allmänhet kan uppnås; han är endast den, som på optikens och mekanikens nu varande ståndpunkt ej kan öfverskridas, utan att bildernas klarhet och tydlighet lida. Att instrument, för hvilkas åstadkommande hvarken möda eller kostnad blifvit sparad, kunna gifva betydligt starkare förstoringar, är naturligt. Så såg man t. ex. på 1867 års verldsutställning ett mikroskop af Hartnack i Paris, som förstorade ända till 5 000 gånger och det oaktadt gaf tillräckligt klara och tydliga bilder.

Ett mikroskop kan nämligen ha en mycket betydlig förstoringskraft och bilderna likväl bli fullkomligt odugliga. Klarhet och tydlighet hos bilderna äro derför jemte synfältets behöriga storlek vid bedömande af ett instruments godhet vida väsentligare än förstoringen. Det ges vissa preparat, t. ex. de stoftartade fjällen på fjärilsarten hipparchia janira, som med fördel kunna användas till objekt vid jemförelse mellan instrument. Vid lagom förstoring visa dessa fjäll först och främst ett stort antal parallela längdstrimmor; under starkare glas synas vidare dessa strimmor sammanbundna med hvarandra genom ett nät af ytterst fina tvärlinier. Kan man nu med ett tre till fyra hundra gånger förstorande instrument tydligt urskilja dessa tvärlinier, är mikroskopet godt.

Om nybörjaren ej med sitt mikroskop erhåller goda bilder, får han derför ej genast anse det odugligt. Felet ligger oftast hos honom sjelf. Först och främst beror allt på anskaffande af goda preparat. Då genomskinande ljus i alla händelser är att föredraga framför ett infallande, måste objekten framställas i form af mycket fina och tunna skifvor. Detta är ingen lätt sak; en föregående undersökning med lupen visar dock snart, om preparatet är lyckadt eller ej. Fuktadt med en droppe rent vatten, lägges det derefter på objektskifvan och öfvertäckes med täckglaset, så att inga damkorn eller delar af främmande kroppar komma åt det. Dessa glas måste hvar gång mycket noga torkas med en linnelapp. Kemiska reagentier, som stundom användas vid objektens behandling, få hvarken komma i beröring med mikroskopets metalldelar, ej heller med linserna, emedan dessa bestå af blyhaltiga, mycket lätt angripna glassorter.

För undersökningen är det bäst att i början endast använda svaga förstoringar, men med större synfält, och först, när man genom dem tagit kännedom om föremålets hufvudpartier, tillgripa starkare glas. Vid upplyftande af synnerligt fina och lyckade preparat förfar man på det sätt, att man varsamt inklämmer dem mellan två små aflånga tunna glasskifvor, hvilkas kanter täckas med papper och hopkittas med asfaltsfernissa eller i vinspiritus upplöst kopalfernissa. För att bevara deras genomskinlighet dryper man emellan de båda glasen, innan man hopkittar dem, allt efter de preparerade kropparnas art, en droppe vatten, vinspiritus, terpentinolja, canadabalsam, klorkalciumlösning eller dylikt.

Hvad ser man genom mikroskopet? Att skildra, ja, ens blott i de allmännaste drag antyda, hvilket inflytande mikroskopet utöfvat på naturforskningen, kan här ej vara vår afsigt. Dertill skulle fordras ett särskildt arbete i många band. Ty de organiska vetenskapernas historia är endast en parafras af de upptäckter, som fästa sig vid den middelburgske glassliparens uppfinning. Om vi derför i några slutanmärkningar taga afsked af optikens område och, för att göra oss rätt klart, hvilka frukter utforskandet af ljusets underbara fenomen burit, i fågelperspektiv betrakta det oändligt lillas nyss afslöjade verld, skola endast de allmännaste konturerna af det rikt odlade landskapet falla oss

i ögonen; men blommorna, de fina formerna afslöja sig endast för den, som kan från de luftiga höjderna sänka sig ned i en af dessa förtrollande nejder.

Liksom systerinstrumentet teleskopet, utvidgar äfven mikroskopet, i det det låter vårt öga allt djupare intränga i det oändliga rummets hemligheter, på samma gång den för tanken fattliga tidens gränser. Derigenom, att det upplöser tingen i deras särskilda beståndsdelar, visar det oss sättet för deras tillkomst, ger det oss en föreställning om det tillstånd, hvarifrån det bestående utvecklat sig, samt om de krafter, som inom det förflutnas ofantliga ram måste röra sig, kämpa och alstra, innan alla de förändringar voro genomgångna, hvilkas spår ännu som ett kolossalt skelett ligga bakom oss. Tag en bit krita i handen och betrakta under mikroskopet det fina dam, som fastnar vid dina fingrar! Hvilken rikedom på regelbundna bildningar, som ha det organiska lifvet att tacka för sitt ursprung! Hela den hvita massan består af idel små fina kisel- och kalkpansar af utdöda djurslägten, polytalamieskal och skelett af en sådan litenhet, att i en kubiklinie krita ofta mer än 8 000 millioner äro nedbäddade bredvid hvarandra. I Alperna finnas hela berg, som bestå af idel sådana djurrester, och kritformationen utbreder sig från 57° nordlig bredd ända ned till Kap Horn. Ej nog med att dessa oändligt små partiklar kunna under mikroskopet åtskiljas till sitt ursprung; deras forna innehafvare ha äfven blifvit indelade i arter, alldeles som vi klassificera fiskar eller fåglar. Ehrenberg, den berömde utforskaren af den mikroskopiska verlden, som förvärfvat den äran att för första gången ha skådat flera af naturens hemligheter än någon annan dödlig och riktat naturkunskapen med det största antalet nya fakta, räknade endast i gravesendkritan (fig. 302) skal af 51 olika polytalamier. I kritkalken från Antilibanon (fig. 303) fann han 43 sådana arter, och en jemförelse mellan de i båda figurerna afbildade formerna skall visa hvarje betraktare, huru det olika ursprunget, den till tiden och rummet skilda daningen, ja, till och med senare epokers inflytelser omisskänligt afslöja sig för den beväpnade blicken. Ehrenberg har med mikroskopet undersökt de särskilda bergformationerna, i synnerhet de sedimentära, och resultaten af dessa undersökningar ha af honom blifvit ordnade till en nästan sjelfständig vetenskap, mikrogeologin, som säkerligen en dag skall skrifva några af de vigtigaste kapitlen i jordutvecklingens historia.

Vi öfvergå nu till växtverlden. Der flyter en klar, muntert sorlande bäck; hans botten är öfverdragen med en saftig gräsmatta, bildad af de hoptofvade grenarna af en alg. I de första dagarna af den nyvaknade våren rycka vi upp ett litet stycke af denna matta för att taga det med oss hem och der litet närmare betrakta det. Vi uttaga varsamt några trådar, och mikroskopet visar oss nu, att de bestå af enkla eller i celler delade säckar, som innehålla små kulor eller frön. När tiden är inne, börja dessa små kulor trängas i sitt fängelse och gifva sig ingen ro, förr än de sprängt dess väggar; de lemna det en och en eller i hopar och komma snart i liflig rörelse. Man ser dem fara fram och tillbaka i vattnet, dyka upp och ned, så att man vore frestad att tro, att växten födt ett djur. Men det är någonting helt annat. Den märk-

värdiga tingesten simmar visserligen med fina, i liflig rörelse gående flimmerhår, alldeles som med simfötter, men hans rörelser äro fullkomligt viljelösa, hans kringströfvande beror af tusen tillfälligheter, han styr rakt på mötande hinder och fastnar ofta på kärlets vägg, mot hvilken de med frivillig rörelse begåfvade varelserna genast skulle studsa tillbaka. Denna flimmerhårsrörelse är en inom djur- och växtverlden mycket allmän företeelse, hvars verkliga orsak ännu ej är klart utredd. Sedan vår spor tumlat omkring tio till tjugu minuter, bli hans rörelser allt långsammare, tills de slutligen efter vid pass två timmar upphöra, flimmerhåren försvinna, sporen antager sferisk form, får flera utskott och växer ut till alg. Vi ha varit vitnen till en växts födelse; sporen är ett växtfrö. Hvilken storlek har nu en sådan spor? Med blotta ögonen kan man svårligen se dem, men vid 400-faldig förstoring synas de nästan lika stora som en körsbärskärna och ha nästan äfven samma form.

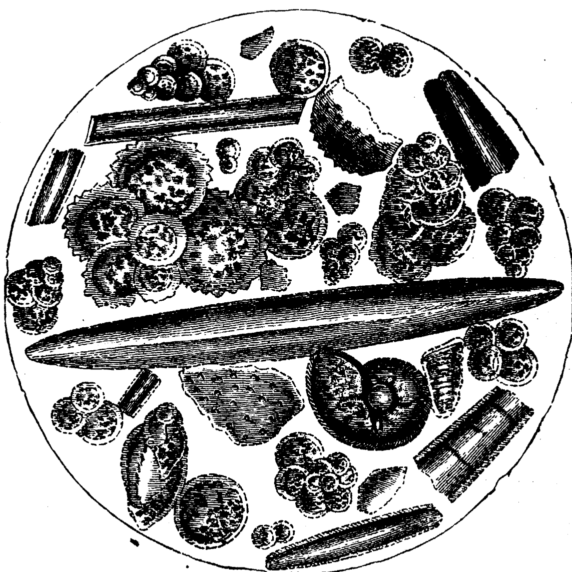


Fig. 302. Krita från Gravesend.

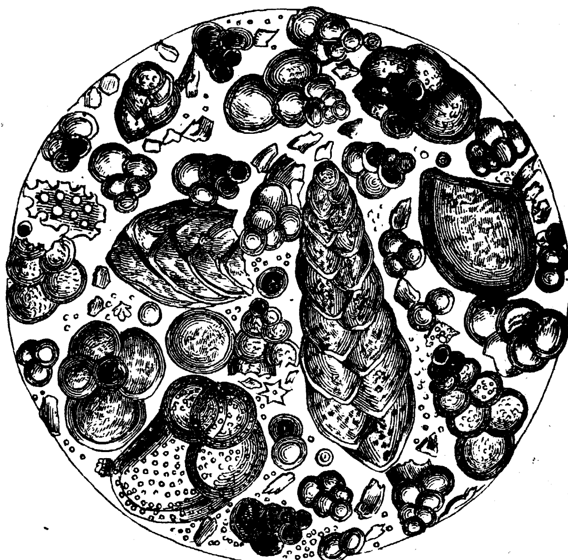


Fig. 303. Kritkalk från Antilibanon.

Men mikroskopet visar oss ej blott växten i hans allra första skeden; det afslöjar äfven för vårt öga mysterierna af hans högsta utveckling. Det ger oss en inblick i befruktningens väsen, och med dess tillhjelp erfara vi, hvilka förrättningar åligga blommans särskilda delar. När vi med blotta ögat betrakta växternas frömjöl (deras pollen, såsom det heter på det botaniska språket), anse vi det ej vara någonting annat än ett utomordentligt fint pulver,

hvaraf vi endast kunna urskilja dess merendels gula färg. Men bringa vi det under mikroskopet, förvandlas det mjöllika pulvret till regelbundet gestaltade kroppar, af hvilkas bestämda former vi med säkerhet kunna igenkänna moderväxten, hvarifrån de leda sitt ursprung. Vi se, att hvarje frö består af en inre, med en ytterst fin hinna försedd kropp, omsluten af en yttre hud med många slags utväxter, taggar och öppningar, genom hvilka sistnämda det kan uttränga, såsom i fig. 304 *c*, *d* och *e III* är fallet. Följa vi dessa fröns ytterligare utveckling, blir det oss klart, hvad ändamålet är med denna märkvärdiga inrättning. Vi veta, att utom ståndarna, som i sina knappar innehålla frömjölet, blommans egentliga befruktningsorgan är pistillen. Denna pistill, som fig. 305 visar oss i förstorad skala, består af den nedersta vidgade delen, fruktämnet *a*, der äggen *e* sitta på tjocka skaft, af stiftet *b* och märket, den öfversta delen, som utgöres af fina, blåslika celler, hvilka afsöndra en klibbig, sockerhaltig vätska. Med tillhjelp af denna vätska qvarhåller märket det på det samma nedfallna frömjölet och åstadkommer ett uppsvällande af den inre fina hinnan, hvilken i form af trådartade säckar uttränger genom den yttre hudens öppningar. Pollensäckarnas tillkomst kallas frömjölets grodd. I fig. 305 *1* är i *d* afbildadt ett frömjölskorn af liljekonvaljen, i *2* ett af epilobium, i *3* ett af momordica elaterium; *4* deremot visar, huru pollensäckarna, i hvilka kornets sega vätska utgjutit sig, genom det ofta mycket långa stiftet vuxit ned i fruktämnets håla, der de genom äggmunnen komma in i det upptill öppna ägget (*5*, *6* och *7*) och här genom aflemnande af sitt innehåll åstadkomma befruktningen. I *5* och *6* afbildas samma process, sådan han hos kejsarkronan i olika utvecklingsskeden föregår, medan *7* visar ett flercelligt litet frökorn, *c*, hos pictia obovata, en tropisk vattenväxt.

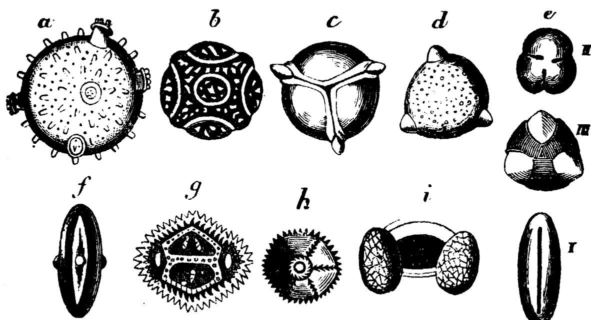


Fig. 304. Frömjöl. Pollenkorn af *a* kurbitsen, *b* passionsblomman, *c* cuphea procumbens, *d* tisteln, *e* convolvulus, *f* lysimachia, *g* scolymus, *h* cikorian, *i* tallen.

Med dessa iakttagelser har man dock ännu ej uppnått gränsen, hvartill mikroskopets upplösande kraft förmår tränga. Längre kunna vi dock ej följa dessa fina undersökningar, då en närmare redogörelse derför skulle fordra större utrymme, än vi här kunna egna det ytterst intressanta ämnet. Af det redan sagda framgår dock, att alla de på detta sätt erhållna inblickarna i naturens hemligheter måste reda våra begrepp om de organiska bildningarnas väsen och att denna insigt äfven ger oss medel i hand att på rationelt sätt befordra växande, blomning och frukt, afvärja skadliga inflytelser och till vårt gagn höja växtrikets oumbärliga verksamhet. Först genom bruket af mikro-

skopet har cellen blifvit oss bekant som växtens elementära beståndsdel och botaniken genom växtfysiologin, som sysselsätter sig med det organiska alstrandets och växandets förändringar och deras orsaker, blifvit en verklig vetenskap.

Hvad som på brödet och andra födoämnen möter oss som vidrigt mögel, förvandlas under mikroskopet till den sirligaste skog af större rikedom på former än alla våra löf- och barrskogar. Drufmöglet består af cellartade trådar, som fortplanta sig antingen genom sönderdelning eller särskilda fruktgömmen med en mängd fruktceller. Det är på detta sätt växten med otrolig hastighet

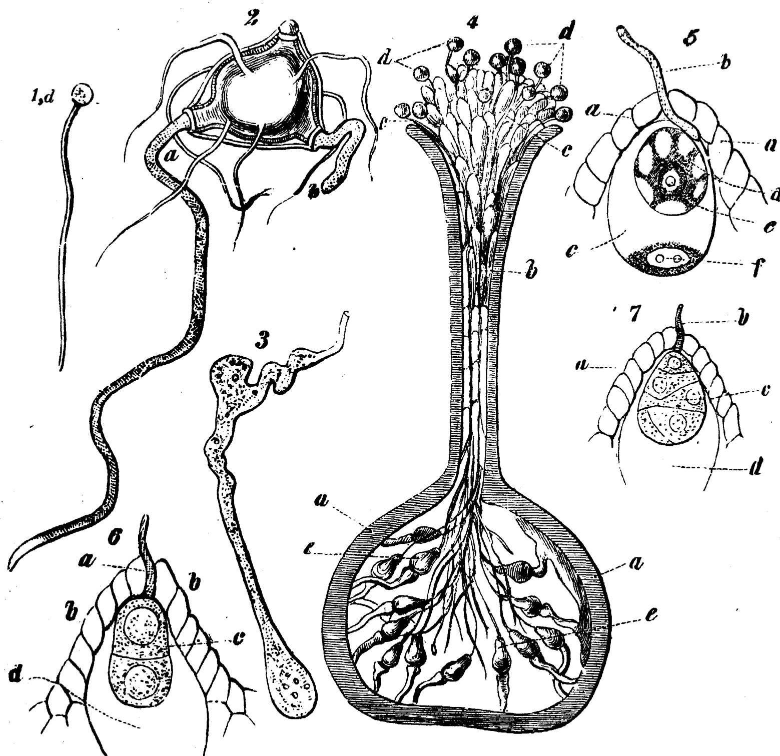


Fig. 305. Växtfröns befruktning.

utbreder sig. Icke blott potatissjukan, utan äfven sjukdomar bland djuren och menniskorna utmärkas af vissa dervid uppträdande växter, i synnerhet mögelbildningar, och de nyare forskningarna ha gjort det sannolikt, att ett stort antal sjukdomar, som utmärkas af kemiska förändringar i blodet eller safterna, stå i det närmaste samband med förhandenvaron af mikroskopiska djur- eller växtbildningar.

Djur- och växtverlden beröra ej blott hvarandra utefter hela gränsen mellan de båda rikena; de gripa äfven in uti hvarandra, och de skarpa åtskilnader, som en ytlig systematik uppdragit, försvinna allt mera, ju längre forsk-

ningen intränger. Vi stå omsider ej mera vid gränsen af djur- eller växtriket, utan vid gränsen af den organiska tillvaron öfver hufvud, och de erfarenheter, som vi på den ena sidan samlade, äro oss en god fingervisning äfven på den andra.

Diatomaceerna, försvinnande små varelser, som blotta ögat först då kan uppfatta, när några millioner af dem ligga hopgyttrade, bestå af ett kiselskal med litet slem inuti och ha utseende än af små båtar, än af små stafvar, trappor, såll, rader af semlor, små skifvor m. m. Deras fabelaktigt hastiga förökande sker endast och allenast derigenom, att den ena växer ut ur den andra, eller genom sönderdelning. De lefva i vattnet och fuktig mark, men huru lefva de? De gunga upp och ned i vattnet, se der allt! Intet spår till organ för upptagande af föda eller några andra för djuret utmärkande kännetecken stå att upptäcka, och lika litet låta de inordna sig under begreppet växt. De äro det organiska lifvets allra första trappsteg. Ehrenberg fann, att nästan hela Berlin hvilar på sådana varelser, hvilka ännu lefva i de öfre lagren. Då deras kiselpansar äro oförstörbara, är antalet döda exemplar naturligtvis vida större. Deras katakomber äro de lager af kiseljord, bergmjöl och mergelsten, hvilka, i likhet med kritan, bilda hela berg.

Liksom för botaniken, har mikroskopet naturligtvis äfven blifvit det väsentligaste befordringsmedlet för de vetenskaper, som syselsätta sig med den djuriska organismen. Den råa empirin i behandlingen af sjukdomarna har måst lemna plats för förnuftiga läkemetoder, ty man har genom den noggrannaste iakttagelse af deras minsta organ lärt sig känna nervernas, hudens och musklernas verksamhet och hänföra förändringarna till deras rätta orsaker. Mikroskopet kan med den största noggranhet skilja menniskoblod från djurblod och upptäcker med samma säkerhet den gräsligaste förbrytelse som förfalskningen af en linneväf eller en dyr krydda.

Man räknar blodkropparnas antal i denna vätska, som uppehåller vårt lif, och förstår att afhjelpa deras fattigdom och minska deras rikedom. Hvilken läkare skulle väl kunna bota en hudsjukdom, om han ej kände, på hvad sätt huden verkar? Sjelfva våra sinnesorgan, dessa de vigtigaste af alla verktyg, som vi ha att tacka för allt vårt vetande, ha först genom den mikroskopiska undersökningen af deras inre bygnad blifvit oss bekanta.

I fråga om den evigt unga naturvetenskapen behöfva vi ej gå långt tillbaka för att finna talande exempel. Ännu för några få år sedan upptäckte dr Zenker i Dresden små parasitdjur, trikinerna, hvilka än i större, än i mindre myckenhet anträffades i döda personers muskler och tycktes stå i samband med vissa sjukdomsfenomen. Från det ögonblick, då uppmärksamheten först riktades på denna parasit, växte de iakttagna fallens antal otroligt, och då man i ej sällsynta fall måste anse vissa med döden slutande smärtsamma lidanden förorsakade af en invandring i massa af dessa djur, fick saken ett mycket allvarsamt utseende. Redan af iakttagelserna af intestinalmaskarna och i synnerhet af undersökningarna rörande binnikemasken visste man, att många djur genomlefva vissa lefnadsfaser i inelfvorna på åtskilliga större djur, och det

dröjde ej länge, förr än man, följande de antydande spåren, fann, att trikinerna i synnerhet genom förtärande af rått fläsk införas i menniskokroppen. För svinet äro dessa invånare sannolikt ej besvärliga, men upptagna af menniskorna, föröka de sig i den mest otroliga grad, genomborra inelfvornas väggar och leta sig på detta sätt in i musklerna, der de omgifva sig med en kalkkapsel och framkalla dessa smärtsamma symptom, som i många fall ohjelpligt slutats med döden. Trikinerna äro säkerligen ingen den nyare tidens erfarenhet; de ha förr uppträdt på alldeles samma sätt och förorsakat lika plötsliga dödsfall som nu för tiden. Men i sin obekantskap med den verkliga orsaken hade man att välja mellan hundra andra, och sålunda har det händt, att man misstänkt afsigtliga

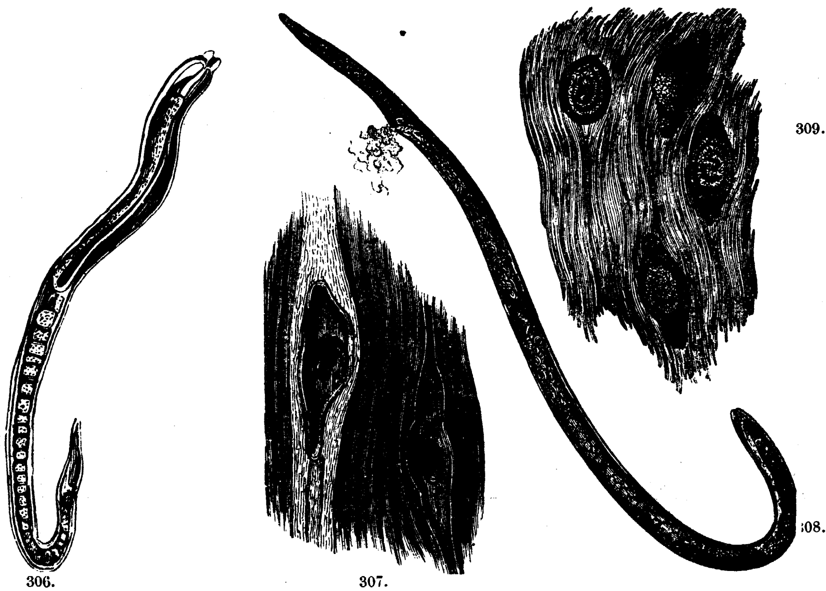


Fig. 306. Trikinhane. 307. Köttstycke med genomskurna trikinkapslar. 308. Trikinhona. 309. Kött med inkapslade trikiner.

förgiftningar och inledt undersökningar, som visat tillvaron af trikiner i den döda kroppen och dermed den verkliga dödsorsaken.

Utom dylika oskattbara materiela fördelar ha vi mikroskopet mer än något annat instrument att tacka för ett renande af begreppen och ett klarande af ideerna, hvarigenom naturvetenskaperna erhållit en hög reformatorisk betydelse. Öfvertron, som i dumhetens och dåsighetens mark frodas så yppigt, har af mikroskopet blifvit beröfvad den ena efter den andra af sina rötter.

Hvilken skräck hafva ej blod- och svafvelregn samt andra dylika företeelser injagat hos den okunniga massan! Med mikroskopets tillhjelp ha de blifvit hänförda till sina verkliga orsaker. Det förstnämda fenomenet har sin förklaring i uppträdandet af ett försvinnande litet infusionsdjur, som man för dess underbart hastiga förökning kallade undermonaden. Ehrenberg lyckades noga under-

söka dessa små infusionsdjur. Han utforskade deras frändskapsförhållanden, iakttog deras utveckling och mätte deras storlek, som utgör från $^1/_{1500}$ till $^1/_{4000}$ linie, så att till fyllande af en kubiklinie behöfvas från 70 000 millioner ända till öfver en billion stycken. Monaden rör sig lifligt med tillhjelp af en liten snabel, och då det enkla djuret är nästan färglöst och endast har två små röda prickar, kan man lätt föreställa sig, hvilka massor af individer behöfvas för att ge ett snöfält, ofta af flera mils utsträckning, den röda färgen. Svafvelregnet visar sig vid mikroskopisk undersökning bestå af frömjölet från alar, almar, granar, tallar m. fl. trädslag. På den fosforescerande ruttna pilstubben se vi en mikroskopisk lafart, som utstrålar ett egendomligt sken, och hafvets trollskimmer förorsakas af myriader små djur, som i hundratusental gnistra i hvar enda droppe.



Elektriciteten och uppfinningen af elektricitetsmaskinen.

Forntidens kännedom om elektriciteten. — Bernstenen. — Gnidningselektricitet. — Otto von Guericke. — Elektricitetens attraktion och repulsion. — Positiv och negativ elektricitet. — Ledare och oledare. — Fortplantningshastighet. — Holtz' elektricitetsmaskin. — Skif- och cylindermaskinerna. — Ångelektricitetsmaskinen. — Elektroskopet och elektrometern. — Framkallande af elektricitet genom fördelning. — Bunden elektricitet. — Franklins skifva. — Leidenflaskan. — Elektriska försök.

De grekiska qvinnorna i forntiden satte ett synnerligt värde på ett slags af bernsten förfärdigade eller med bernsten inlagda sländor. Genom gnidning mellan ylletråden och bernstenen försattes nämligen den senare i ett egendomligt tillstånd, så att han drog de fina

fjun, som skilde sig från ullen, till sig, för att åter stöta bort dem, och beredde på detta sätt de spinnande qvinnorna den roande anblicken af en skenbart alldeles godtycklig lek.

Denna bernstenens egenskap att utveckla en tilldragande kraft hade förskaffat honom namnet elektron, af det grekiska ordet ἕλκειν, som betyder draga till sig, och hans benämningar i andra språk — så t. ex. hette han hos latinarna harpax, "röfvaren", hos perserna karuba, "den som rycker agnar till sig" — tyda på, att denna hans egenskap redan tidigt blifvit uppmärksammad.

Af namnet elektron härledde man sedermera namnet på kraften sjelf och benämde denna elektricitet samt de af henne framkallade fenomenen elektriska.

Men redan i forntiden kände man utom bernstenen äfven andra kroppar, hvilka på samma sätt blifva elektriska, t. ex. den blå ädelsten, som benämnes hyacint, och under tidernas lopp har denna egenskap visat sig så allmän och yttrat sig på så mångfaldigt olika sätt, att läran om elektriciteten nu mera utgör en af de betydligaste afdelningarna inom fysiken. Det stora intresse, som de elektriska fenomenen framkallat, grundar sig ej blott på de öfverraskande former, hvarunder de så ofta framträda, utan äfven och i synnerhet på den mängd för det praktiska lifvet vigtiga tillämpningar, som kännedomen om dem medfört.

Huru mycket af det område, som vi nu mera veta tillhöra denna egendomliga naturkraft, varit bekant för forntidens forskare, torde vara svårt att afgöra. Det kan visserligen förefalla, som om en närmare kännedom om naturkrafterna i allmänhet och den elektriska kraften och hennes verkningar i synnerhet låge till grund för många religiösa bruk, hvilkas inre betydelse prestkasten bevarade som en hemlighet. Men sammanhöllos än dessa spridda iakttagelser af en sådan kännedom af allmänna lagar, som allena kan berättiga oss att gifva presternas vetande namn af naturvetenskap, har han dock gått fullkomligt förlorad och blifvit utan betydelse för den nu varande elektricitetsläran. Hennes egentliga begynnelse kunna vi först räkna från William Gilbert, en betydande engelsk fysiker, hvilken undersökte en mängd kroppars egenskaper i elektriskt hänseende och i sitt 1600 i London utgifna arbete "De magnete" uppstälde en rikhaltig förteckning på kroppar, hvilka genom gnidning blifva elektriska.

Att elektriciteten, hvilken i sjelfva verket ej är en mindre allmänt verkande naturkraft än ljuset och värmet, så länge kunnat undandraga sig forskarnas blickar, har sin grund deruti, att vi ej ega något särskildt sinnesorgan för hennes uppfattande, hvarför också endast hennes mest framstående verkningar ådraga sig uppmärksamhet, och äfven då endast, om de på samma gång åtföljas af mekaniska verkningar eller af ljus-, ljud- och värmefenomen, hvilka vilkor endast sällan på en gång uppfyllas. Sedan likväl Gilbert visat, att ett stort antal kroppar genom gnidning kunde försättas i elektriskt tillstånd, vände sig den uppblomstrande naturforskningen med ifver åt den vidare

undersökningen af detta fenomen. Man sökte medel att i större mängd frambringa elektricitet, hvilken man endast kände under en form, nämligen som gnidningselektricitet, och Otto von Guericke konstruerade den första elektricitetsmaskinen. Han fylde en glaskula med smält svafvel; sedan detta stelnat, krossades glasomhöljet och den sålunda erhållna svafvelkulan försågs med en axel, kring hvilken hon medelst en vef kunde sättas i roterande rörelse, medan venstra handen trycktes emot henne (fig. 311). Hade den berömde borgmästaren ej krossat glaskulan, utan gnidit henne i stället för svafvelkulan, skulle det varit en väsentlig förbättring af hans elektricitetsmaskin; men nu lemnade han omedvetet en fördel, som slumpen lagt i hans hand, obegagnad. Honom tillkommer dock med all rätt äran att ha förfärdigat den första, om också något otympliga elektricitetsmaskinen, med hvilken han anstälde en hel mängd särdeles intressanta försök.

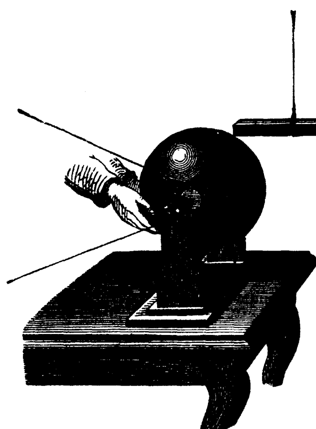


Fig. 311. Otto von Guerickes första elektricitetsmaskin.

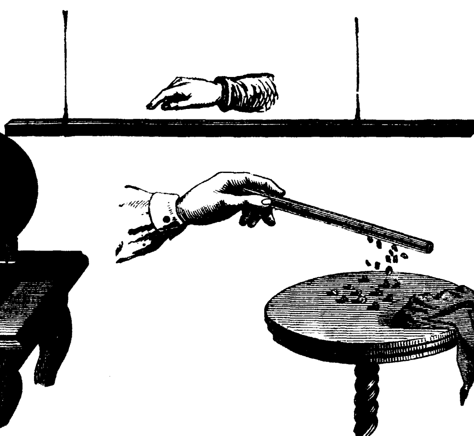


Fig. 312. Elektricitetens attraktionsförmåga.

Elektricitetens attraktion och repulsion. För de allra första elektriska försöken behöfva vi alls icke någon invecklad apparat. Om vi gnida en lackstång med en yllelapp och hålla stången öfver några små papperslappar, korkkulor eller dylikt, märka vi genast en liflig rörelse hos dessa små kroppar: de hoppa upp och fästa sig vid stången för att efter några ögonblick åter stötas bort ifrån henne.

Taga vi i stället för papperslappar en liten kula af flädermerg och upphänga henne på en silkestråd, kunna vi göra samma iakttagelse. Den elektriska pendeln drages till lackstången, men kulan har knapt berört henne, förr än hon stötes bort och undviker derefter stången lika mycket, som hon förut sträfvade att sluta sig till henne.

Ett glasrör, helst af omkring en och en half fots längd och sex liniers diameter, som blifvit gnidet med en sidenlapp, drager och bortstöter skenbart på samma sätt som lackstången. Mellan lackets och glasets verkningar råder

dock en väsentlig skilnad. Ty upphänga vi två flädermergskulor på förut angifna sätt hvar för sig samt beröra den första med den gnidna lackstången, den andra med glasröret, undviker den första kulan visserligen lackstången, men drages med desto större häftighet af glasröret. På motsatt sätt förhåller sig den andra kulan, hvilken bortstötes af glasröret och drages af lackstången.

Positiv och negativ elektricitet. Glas- och hartselektriciteterna äro sins emellan olika. På det vetenskapliga språket kallas den förra positiv, den senare negativ elektricitet. Man betecknar dem i korthet med + E och — E. Den förste, som iakttog denna skilnad, var Du Fay (1737), och hans upptäckt är en af de mest betydande inom hela fysikens historia.

Alla kroppar, hvilka genom gnidning blifva elektriska, äro antingen positivt eller negativt elektriska, det vill säga, de utveckla under samma förhållanden städse samma slags elektricitet. Af hvad slag denna är, kunna vi medelst den elektriska pendeln undersöka. Har korkkulan blifvit positivt elektrisk, så att hon drages af lackstången, skall hon på samma sätt dragas af hvarje negativt elektrisk kropp, men bortstötas af hvarje positivt elektrisk. Detta de båda elektriciteternas förhållande till hvarandra kunna vi uttrycka genom följande sats: kroppar med samma slags elektricitet stöta hvarandra ifrån sig, och kroppar med motsatta slags elektricitet draga hvarandra till sig. På detta förhållande grundar sig elektroskopet, hvilket, liksom elektrometern, hvars inrättning, sådan han konstruerades af uppfinnaren Bohnenberger, visas af fig. 315, vi längre fram vid beskrifningen af elektricitetsmaskinen skola lära närmare känna. Det väsentligaste af denna lilla apparat består i två korta halmstrån eller ett par guldblad, hvilka medelst en ledande tråd äro förenade med en metallkula, som för öfrigt är isolerad. Meddelas elektricitet åt denna kula, så att båda halmstråna erhålla samma slags elektricitet, stötas de ifrån hvarandra, och efter storleken af utslagsvinkeln kan man bedöma elektricitetens relativa styrka. Vanligen begagnar man apparaten endast som elektroskop för att angifva närvaron af fri elektricitet och bestämma dennas positiva eller negativa natur.

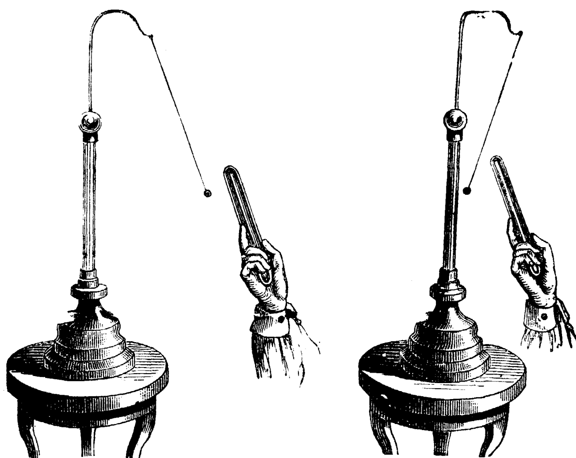


Fig. 313, 314. Elektrisk pendel.

Om två med samma slags elektricitet laddade kroppar bringas i beröring, fördelar sig elektriciteten så, att båda kropparna blifva lika starkt laddade. Lika mängder positiv och negativ elektricitet upphäfva hvarandras verkningar, då de äro i tillfälle att förena sig med hvarandra. Skulle ett öfverskott finnas å ena eller andra sidan, fortfar detta naturligtvis att verka som förut. De båda motsatta elektriciteternas sträfvan att förena sig är ganska stor, och just häruti ligger orsaken till den attraktion, som en elektrisk kropp utöfvar på andra.

Ehuru åsigterna om elektricitetens egentliga väsen, huru vida hon, som ljuset och de öfriga krafterna, beror på en vågrörelse, ingalunda äro öfverensstämmande, kunna dock de bekanta fenomenen med tillhjelp af ganska enkla antaganden förklaras.

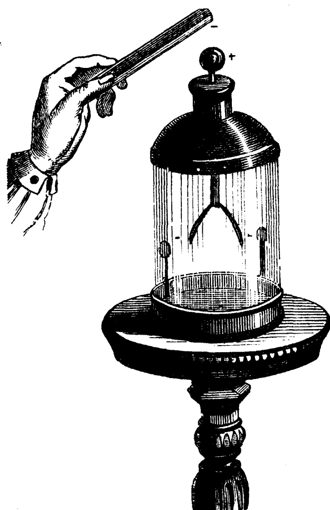


Fig. 315. Bohnenbergers elektrometer.

Ett sådant antagande är äfven det, att i alla kroppar finnes en neutral elektrisk blandning, bestående af lika mängder positiv och negativ elektricitet. Denna blandning betraktar man som ett fint ovägbart fluidum, utan att dermed vilja anses ha gifvit en uttömmande definition på en särskild kropparnas egenskap. I och för sig sjelft ger sig detta fluidum naturligtvis på intet sätt till känna, ty det är först genom åtskiljande af dess båda beståndsdelar, som några verkningar kunna framträda. Vid gnidningen skiljas de elektriska fluida så väl i den gnidande som i den gnidna kroppen; vid beröringsytan gå de motsatta hälfterna öfver i hvarandra och förenas på nytt, under det att i de från beröringsytan aflägsnare delarna af kropparna de båda andra hälfterna hålla sig åtskilda. Om t. ex. en lackstång gnides med en yllelapp, delas i båda kropparna den elektriska blandningen i sina positiva och negativa beståndsdelar; men vid beröringsytan förenar sig lackets positiva elektricitet med yllets negativa, och vi få till slut lacket laddadt med negativ elektricitet; yllelappen deremot skulle innehålla positiv elektricitet, så vida vi ej genom handen undandroge honom hans elektricitet. Vi erinra dock ännu en gång, att åsigten om de elektriska fluida endast är ett antagande för att kunna försinliga de elektriska fenomenen, men hvilket ingalunda bör tydas derhän, att två sådana fluida verkligen skulle finnas i de elektriska kropparna.

Man har på den senaste tiden gjort ganska många försök att närmare utröna elektricitetens natur. Flera olika åsigter äro derom uttalade. Nyligen har professor Edlund i Stockholm uppstält en teori för den samma, hvilken på ett tillfredsställande sätt förklarar de förnämsta hit hörande fenomenen och genom sin enkelhet synes bära sanningens prägel. Han antager, att elektrici-

teten ej är någonting annat än eter, som finnes i verldsrymden och i alla kroppars mellanrum (porer) och genom hvars vibrationer ljuset och det strålande värmet fortplantas. En kropp, som i normalt tillstånd innehåller en viss mängd eter, blir positivt elektrisk, om han upptager mera eter, negativt elektrisk, om en del af etern bortgår ifrån honom. Utgående härifrån, har Edlund utvecklat en omfattande teori för de elektriska fenomenen, hvilken lofvar att för elektricitetsläran blifva af lika stor betydelse, som undulationsteorin är för ljuset.

Ledare och oledare. Elektriciteten utbreder sig med utomordentlig lätthet i vissa kroppar och kan genom dessa, hvilka äfven kallas ledare, bortledas till huru långt aflägsna ställen som helst. Andra kroppar deremot finnas, hvilka hindra elektricitetens rörelse; men liksom det ej finnes fullkomliga ledare, hvilka ej göra minsta motstånd mot elektricitetens fortplantning, finnes det ej heller några absoluta oledare eller isolatorer.

Till de goda ledarna höra framför allt metallerna, dernäst jorden och vattnet samt, i följd af det senare, äfven menniskokroppen och gröna växter; till de dåliga ledarna eller oledarna höra alla hartsarter, den torra atmosferiska luften, svafvel, kautsju, glas, silke och ett stort antal andra kroppar.

Fortplantningshastigheten uppgår vid minsta möjliga motstånd hos den ledande kroppen till omkring 42 000 mil i sekunden; sannolikt är hon olika i olika ledare. Äfven den bästa ledare gör motstånd mot elektricitetens rörelse, och detta desto mera, ju mindre hans tvärsektionsarea är. Han förhåller sig som ett rör, hvilket i mån af sin större eller mindre diameter äfven gör större eller mindre motstånd mot det genomströmmande vattnet. I jorden utbreder sig elektriciteten ögonblickligt.

Genom gnidning blifva i sjelfva verket alla kroppar elektriska, men då ledarna genast afgifva sin elektricitet, så vida ej särskilda anordningar äro gjorda, dröjde det länge, innan man ville tillerkänna dem några elektriska egenskaper. Men omgifver man en ledare med en oledande kropp eller, som det heter, isolerar honom, kan man i honom qvarhålla och uppsamla elektricitet (konduktorer). Om vi fortfarande föreställa oss elektriciteten som ett fluidum, synes hon utbreda sig i ett lager på kroppens yta, hvilket på en kula öfver allt har samma tjocklek, under det att på annorlunda formade kroppar elektriciteten samlar sig i större mängd på de mera framskjutande delarna än på de öfriga. Undersöker man en ihålig kula, som upptill har en liten öppning, skall man finna, att, äfven om kulan är ganska starkt laddad, endast en obetydlig qvantitet elektricitet befinner sig på kulans inre yta och att den allra största delen är samlad på yttre sidan. Vi återkomma närmare härtill vid afhandlingen om åskledaren och återgå nu till vårt egentliga ämne.

Elektricitetsmaskinen. Det väsentliga hos denna apparat består ännu i dag, liksom hos den af Guericke uppfunna, af en oledande kropp, som gnides, och af ett riftyg. Detta senare står i ledande förbindelse med jorden, då deremot den förra är isolerad. Som vi förut sett, begagnade Guericke

handen till riftyg; på samma sätt förfor äfven Hawksbee tretio år senare, men i stället för svafvelkulan använde han en glaskula, som sattes i rotation af en vef. De ofullkomligheter, som vidlådde de första maskinerna, ha länge utgjort ett hinder för deras allmänna användning; till och med Du Fay begagnade vid sina försök vanliga glasrör, hvarmed han endast kunde erhålla små mängder elektricitet. Genom Hausen, Bose och Winkler i Leipzig förbättrades elektricitetsmaskinen i många hänseenden och kom snart i allmännare bruk. Elektricitetsalstraren, hvartill begagnades ett vanligt dricksglas,

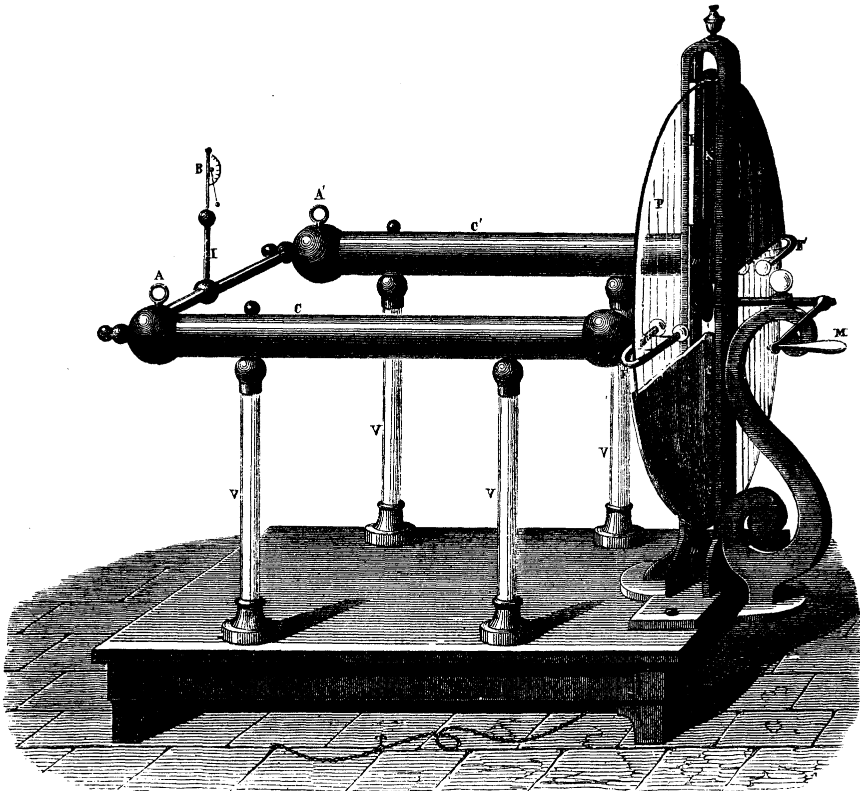


Fig. 316. Skifelektricitetsmaskinen.

sattes af den sistnämde i rörelse medelst en mekanism, liknande den, som finnes på en svarfstol, och 1740 förság han sin maskin med det af svarfvaren Giessing i Leipzig uppfunna riftyget, hvilket medelst fjädrar trycktes intill den roterande glascylindern.

Konduktorn, en ledare, vanligen en sluten ihålig metallcylinder, som afser att uppsamla den utvecklade elektriciteten, var redan tidigare i bruk. Abbé Nollet isolerade honom genom upphängning på silkestrådar; men direkt förenad med maskinen, så att han omedelbart kunde upptaga elektriciteten, blef han först af Wilson, hvilken äfven uppfunnit de ännu begagnade kam-

artade, med spetsar försedda armarna, hvilka från konduktorn utgå mot glasskifvan.

Det skulle vara mer än öfverflödigt att beskrifva de mångfaldiga former, som gifvits elektricitetsmaskinen, ty, om man undantager Holtz' elektricitetsmaskin, till hvilken vi sedermera skola återkomma, hafva endast få af dem visat sig utgöra väsentliga förbättringar. Om en glascylinder eller en glasskifva gnides, är i sjelfva verket det samma; de förändringar, som i det ena eller andra fallet blifva nödvändiga, följa af sig sjelfva, och vi kunna derför saklöst underlåta att beskrifva deras uppkomst och i stället vända vår uppmärksamhet till fig. 316.

Allt efter som den gnidna kroppen är en glasskifva eller en glascylinder, användes benämningen skif- eller cylindermaskin. I vår figur se vi en maskin af det förra slaget. Från ett fastående bord resa sig två upptill förenade pelare, mellan hvilka befinner sig en glasskifva *P*, som sitter på en medelst vefven *M* vridbar axel. Både upp- och nedtill pressas emot henne gnidkuddarna *K K'*, hvilka bestå af med kläde eller något dylikt ämne öfverdragna träplattor och på den gnidande sidan äro bestrukna med Kienmayers amalgam (qvicksilfver, tenn och zink, pulveriserade och tillsammans med svinfett rifna till en styf salva). Från gnidkuddarna utgå fodral af vaxtaft *G G*, hvilka vid skifvans kringvridande sluta tätt intill henne och ej allenast hindra elektricitetens bortledande, utan äfven genom sin egen gnidning mot glaset öka henne. Emedan skifvan gnides på båda sidor, gifva detta slags maskiner mera elektricitet än cylindermaskinerna och användas företrädesvis, då den större kostnaden för den stora slipade glasskifvan ej utgör ett hinder för dess anskaffande. På högra och venstra sidan omfattas skifvan af två byglar *F F'*, hvilka äro försedda med mot glaset vända spetsar. Dessa uppsuga elektriciteten och leda henne till konduktorn, hvilken utgöres af cylindriska, öfver allt väl afrundade metallkroppar *C C'*, som hvila på de isolerande glasfötterna *v v* och äro förenade genom metallstången *A A'*. På sistnämda stång, hvilken utgör en del af konduktorn, befinner sig elektroskopet, elektricitetsvisaren, bestående af en utefter en graderad båge rörlig pendel *B*, hvilken hänger rätt ned utefter sitt pelarartade stativ *I*, så länge ej konduktorn innehåller någon elektricitet. Men så snart konduktorn laddas, meddelas elektricitet både åt kulan och stativet, de liknämniga elektriciteterna stöta hvarandra ifrån sig, och kulan gör utslag. Ju större utslagsvinkeln är, desto större är spänningen hos elektriciteten. En metallkedja sätter gnidkuddarna i ledande förbindelse med jorden.

Så snart skifvan sättes i rotation, sönderdelas genom gnidningen den elektriska blandningen i glaset och i riftyget, på sätt förut är omnämdt, i följd hvaraf glaset blir positivt och riftyget negativt elektriskt. Genom kedjan, som förenar det senare med jorden, bortledes den negativa elektriciteten i samma ögonblick, hon utvecklas, under det att glasets positiva elektricitet blir fri och går öfver till konduktorn. Denna process eger utan afbrott rum, så länge gnidningen fortsättes.

Konduktorn, eller rättare spetsarna, uppsuger egentligen icke, såsom vi förut för korthetens skull sagt, glasets positiva elektricitet, utan i sjelfva verket inträder mellan spetsarna och glaset en förening af positiv och negativ elektricitet på samma sätt som mellan riftyget och glaset. Konduktorns neutrala elektricitetsblandning sönderdelas genom inverkan från glasskifvan: den negativa delen strömmar genom spetsarna och neutraliserar glasskifvans positiva elektricitet, medan den frigjorda positiva stannar qvar och laddar konduktorn. Förenar man riftyget med en sjelfständig konduktor i stället för med marken, kan man i denna konduktor uppsamla negativ elektricitet och det i lika stor mängd, som skifvan utvecklar positiv.

Närmar man en laddad ledare till en annan, hoppar elektriciteten öfver från den förra till den senare, hvarvid man märker en gnista, och ett mer eller mindre starkt sprakande ljud låter förnimma sig.

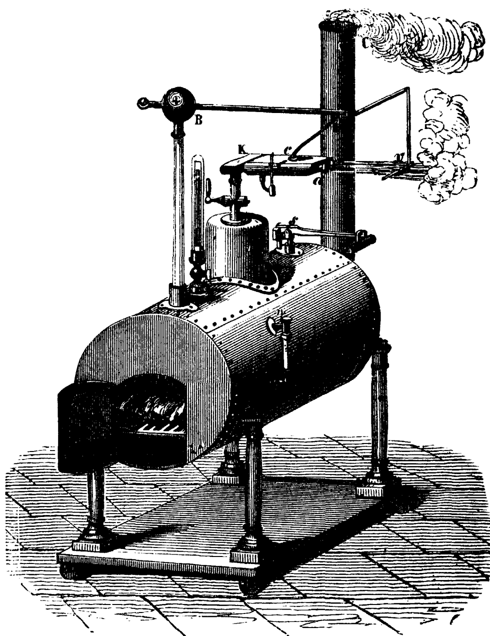
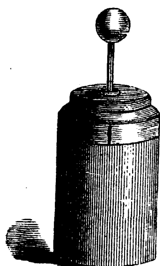


Fig. 317. Armstrongs ångelektricitetsmaskin.

Den grad, hvartill en konduktor kan laddas, beror på storleken af hans yta. Laddningen får dock ej öfverstiga vissa gränser, och från en för starkt laddad konduktor bortgår elektriciteten till den aldrig fullkomligt torra luften eller hoppar med blixt och knall öfver till ganska långt bort stående ledare. Den, som sett stora elektricitetsmaskiner arbeta, inser väl, att de långa gnistor, hvilka kunna framlockas ur en sådan, böra kunna utöfva en betydlig inverkan på den menskliga organismen. För öfrigt kan man äfven omärkligt urladda en konduktor, om man till honom närmar en ledare, som är försedd med en eller flera spetsar. Vid fuktig luft är elektricitetsmaskinens verkan ingen eller åtminstone högst obetydlig, och redan närvaron af flera personer i ett slutet rum verkar hinderligt på grund af den fuktighet, som andedrägten tillför luften. Såsom god ledare, förlorar konduktorn genom en enda urladdning nästan all sin fria elektricitet, medan man t. ex. från glaset endast långsamt och som svaga gnistor kan aflägsna elektriciteten derigenom, att man t. ex. närmar knogen af ett finger till det samma. Man bör derför handskas varligt med den laddade konduktorn och väl akta sig för hans stötar. Annorlunda blir dock förhållandet, om man vid laddningens början sätter sig i ledande förbindelse med konduktorn, antingen genom direkt beröring eller genom hållande i en

från den samma utgående tråd, och ställer sig på ett isolerande underlag (isoleringspall). I detta fall laddas menniskokroppen på samma sätt som konduktorn: han ger gnistor, hvar man berör honom, hufvudet visar i mörkret ett blekt ljussken, håren resa sig, emedan de äro laddade med samma slags elektricitet och sålunda måste skiljas ifrån hvarandra, på samma sätt som guldbladen i Bohnenbergers elektrometer.


Fig. 318. Leidenflaska.

Ångelektricitetsmaskinen. På senare tid har man begagnat sig af vattenångans gnidning vid utströmning ur smala öppningar för att utveckla stora mängder elektricitet, och Armstrong i England har 1840 på grund af denna princip konstruerat en ångelektricitetsmaskin, hvaraf fig. 317 visar oss en afbildning. Han låter den starkt spända ångan strömma genom ett i flera riktningar böjdt mynningsrör af buxbom, hvilket är insatt i det vid *c* anbragta stycket och uppsamlar den genom gnidningen utvecklade elektriciteten i konduktorn *B*. Denna uppsamling sker, liksom på den förut omnämda elektricitetsmaskinen, genom fina spetsar, mot hvilka ångan får strömma och som stå i ledande förbindelse med konduktorn. Ångan utvecklas i en särskild panna, hvars ventil hålles sluten, tills den behöfliga spänningen är uppnådd.

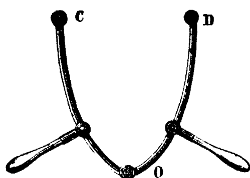
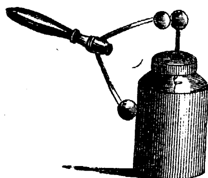


Fig. 319. Henleys urladdare.

Fördelning. Elektriciteter af olika slag sträfva alltid att förena sig med hvarandra. Denna sträfvan ger sig äfven till känna hos kroppar, som befinna sig på afstånd från hvarandra. Närmar man t. ex. en ledare till en laddad konduktor, skiljas de olika elektriciteterna i den förra, så att den med konduktorns oliknämniga drages till ledarens närmast konduktorn belägna delar, medan den liknämniga bortstötes till de längst bort belägna delarna. Den isolerande luften hindrar föreningen; minskas deremot afståndet, eger en sådan rum, och man ser en gnista hoppa öfver från konduktorn till ledaren. Detta förhållande inträffar alltid, då en elektrisk gnista hoppar öfver från en kropp till en annan; äfven om man har två, med samma slags elektricitet, fastän olika starkt laddade kroppar och låter elektricitet gå öfver från den ena till den andra, är förloppet det samma.


Fig. 320. Urladdning af leidenflaskan.

Af denna elektricitetens märkvärdiga egenskap, kallad fördelning eller bindning, kan man i många fall draga nytta. Sålunda kan man ladda en ledare endast genom att närma honom till en konduktor, utan att någon elektricitet får öfvergå från den senare till den förra; konduktorns elektricitet drager den med sig oliknämniga och bortstöter den liknämniga, hvilken kan bortledas, medan den förra stannar qvar och laddar ledaren. I särskildt för detta ändamål konstruerade apparater kan man på grund deraf, att olika elektriciteter binda hvar-

andra, samla stora mängder elektricitet och genom föreningen emellan dem åstadkomma betydande verkningar.

Franklins skifva utgöres af en på båda sidor till ett par tum från kanten med stanniol belagd glasskifva. Laddas den ena sidan med positiv elektricitet från en elektricitetsmaskins konduktor, drages till beläggningens andra, närmast glaset belägna sida en motsvarande mängd negativ elektricitet, hvaremot den positiva, som förut varit förenad med sistnämda negativa, bortstötes till samma beläggnings från glaset vända sida, hvarifrån hon med fingret kan bortledas. Båda stanniolbeläggningarna äro nu laddade, den ena från konduktorn, den andra genom fördelning, utan att dock de samlade elektricitetsmängderna kunna uppträda verkande, emedan de, fastän skilda af glaset,

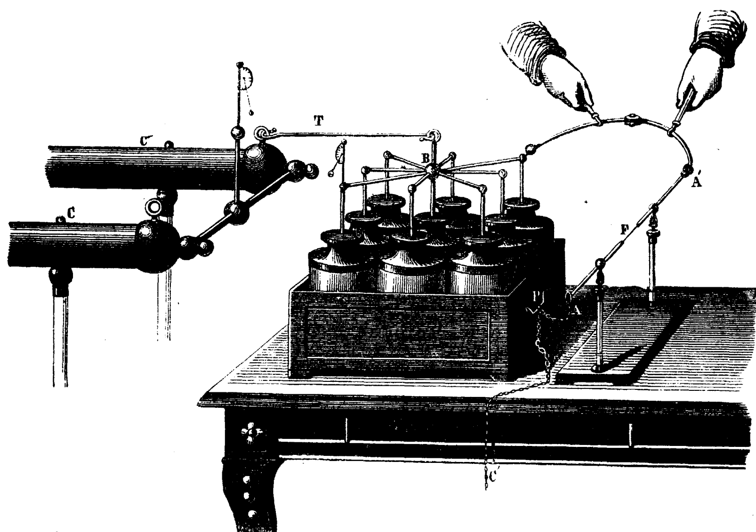


Fig. 321. Elektriskt batteri.

neutralisera eller, som man säger, binda hvarandra. Äro de mycket starka, kan det hända, att glasskifvan ej förmår hindra föreningen emellan dem, i hvilket fall hon genomborras, då föreningen sker; men vid svagare laddning måste man, för att åstadkomma en sådan, bringa de båda beläggningarna i ledande förbindelse med hvarandra. Äfven vid ganska svag laddning kan man med känseln urskilja, hvilken betydligt starkare verkan åstadkommes af den mellan båda beläggningarna på Franklins skifva öfverhoppande gnistan än af gnistan från en konduktor.

Leidenflaskan är en fullkomligt likartad apparat, hvaraf man vid större elektriska försök begagnar sig. Hon är egentligen endast en Franklins skifva i annan form, ty hon består af en upptill öppen glascylinder eller också en flaska, som på yttre och inre sidan är till två tredjedelar af höjden belagd

med stanniol. I ledande förbindelse med den inre beläggningen står en metallstång, som slutar med en metallkula. I stället för den inre beläggningen kan man äfven fylla flaskan med filspån, hagel eller något dylikt. Hon laddas på det sätt, att man bringar den inre beläggningens metallkula i ledande förbindelse med en elektricitetsmaskins konduktor, under det man håller flaskan i handen eller på annat sätt ställer den yttre beläggningen i förbindelse med jorden. Flaskans laddningsförmåga och således äfven hennes verkan vid urladdningen bero på de båda beläggningarnas qvadratinnehåll.

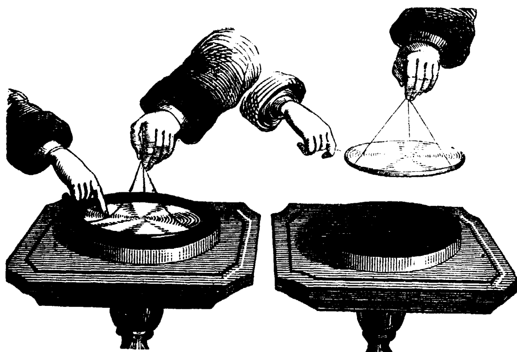


Fig. 322. Elektrofor.

Sättas flera flaskor i ledande förbindelse med hvarandra, så att de inre beläggningarna laddas med samma slags elektricitet, erhåller man ett *elektriskt batteri*. Alla flaskorna ställas på ett gemensamt ledande underlag,

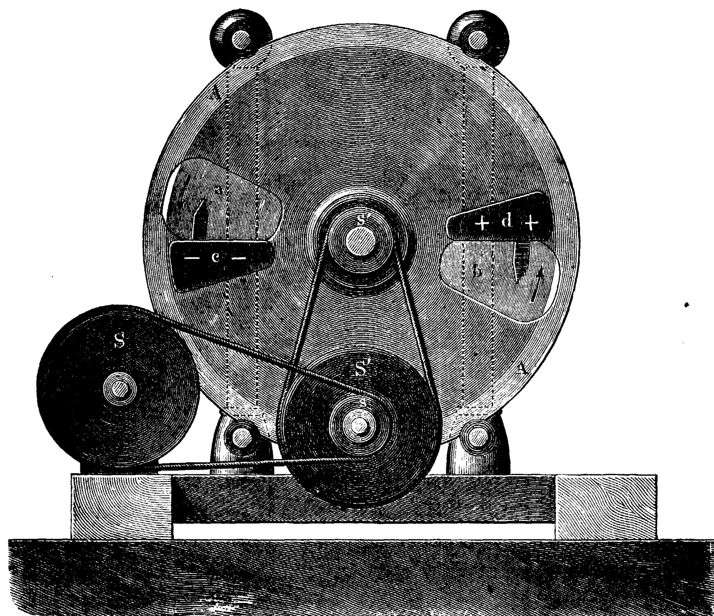


Fig. 323. Holtz' elektricitetsmaskin. Framsidan.

som står i förbindelse med jorden, medan de inre beläggningarnas metallkulor förenas med metallstänger, så att de samtidigt kunna laddas och urladdas. Fig. 318 visar oss en ensam leidenflaska, fig. 321 en kombination

af flera sådana, d. v. s. ett elektriskt batteri. *CC'* är konduktorn till en elektricitetsmaskin, hvilken genom metallstången *T* vid *B* är satt i ledande förbindelse med flaskornas inre beläggningar. Från de yttre beläggningarna, hvilka äfven äro förenade med hvarandra, ledes den positiva elektriciteten till jorden medelst den vid *P* anbragta tråden *C'*. För att åstadkomma ledande förbindelse mellan de inre och yttre beläggningarna begagnar man sig af Henleys urladdare, så vida ej experimentet fordrar, att andra föremål införas i ledningen. Fig. 319 visar en dylik urladdare. Han består af två metallbågar *C* och *D*, hvilka i ena ändan äro försedda med en metallkula och i den andra förenade med hvarandra genom ett gångjern *O*, samt af två glashandtag, medelst hvilka kulorna kunna inställas på hvad afstånd från

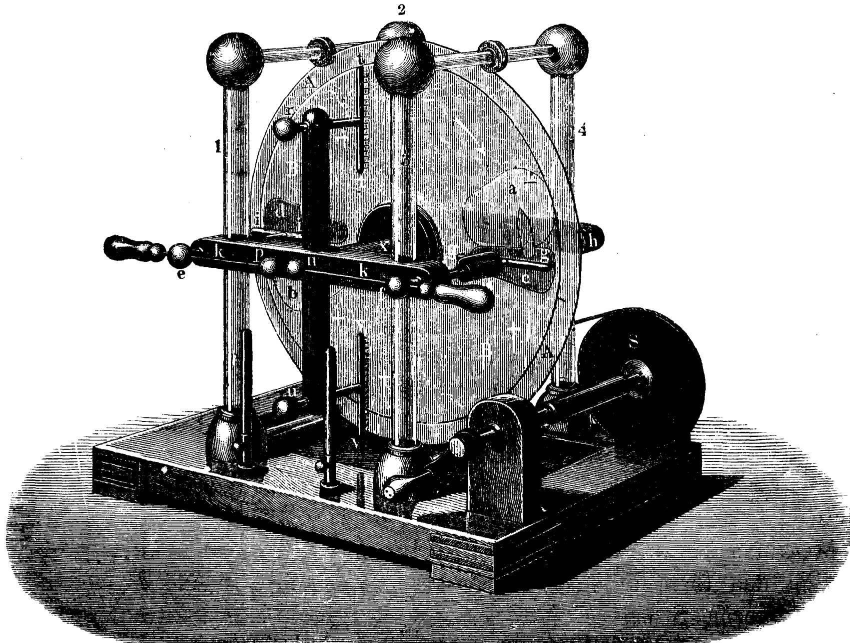


Fig. 324. Holtz' elektricitetsmaskin. Baksidan.

hvarandra man behagar. Den derpå följande fig. 320 visar en annan form på urladdaren samt dess användning. I fig. 321 skall, om *A* är vid *P* satt i förbindelse med de yttre beläggningarna, en gnista hoppa öfver vid *F*, så snart *A'* och de inre beläggningarna genom urladdaren sättas i förbindelse med hvarandra.

Elektroforen, hvilken man kan begagna i stället för elektricitetsmaskinen, då endast obetydliga mängder elektricitet behöfva utvecklas, grundar sig likaledes på verkningen af bunden elektricitet. Han består af en hartskaka, helst af gummilacka och venezianskt terpentin; öfre ytan bör vara så jemn och fri från springor som möjligt. Denna kaka, som vid 8 till 16

tums diameter har en tjocklek af 3 till 7 linier, piskas med en mycket torr räfsvans eller kattskinn och blir derigenom negativt elektrisk. Nu lägger man på den sålunda elektriserade kakan ett med isolerande handtag försedt eller på silkessnören upphängdt lock, bestående af en plan metallskifva med afrundade kanter eller en med stanniol öfverdragen pappskifva. Kakans negativa elektricitet fördelar elektriciteterna i locket: $+ E$ samlar sig vid undre och $- E$ vid öfre ytan; denna senare, som är fri, kan bortledas. Närmar man knogen af ett finger till det påliggande lockets öfre yta, hoppar en negativt elektrisk gnista öfver. Så länge locket ligger på kakan, är $+ E$ bunden vid den undre sidan, men så snart det aflyftes, blir hon fri och en ny gnista kan erhållas, denna gång af positiv elektricitet. Denna lek kan man förnya, så ofta man behagar, ty genom att lägga locket på hartskakan beröfvar man henne ej någon elektricitet; denna försättes endast i bundet tillstånd, hvarur hon dock genast befrias, så snart locket åter aflyftes. Elektroforen uppfans nära nog samtidigt af Volta och den svenske fysikern Vilcke under deras bemödanden att förenkla elektricitetsmaskinen.

Influenselektricitetsmaskinen. Kunde man göra elektroforens verkan kontinuerlig, vore dermed en ny form för elektricitetsmaskinen gifven. Denna tanke ledde två tyska fysiker, Töpler i Dorpat och Holtz i Berlin, oberoende af hvarandra till uppfinningen af influenselektricitetsmaskinen, hvarigenom vår apparat, hvilken sedan Otto von Guerickes tid visserligen i flera hänseenden förbättrats, men ej undergått några väsentliga förändringar, erhöll en på fullkomligt nya grunder hvilande konstruktion. Fig. 323 och 324 äro två hvarandra kompletterande teckningar af denna maskin, hvilken onekligen är en af de senare årens intressantaste fysikaliska uppfinningar. Teckningarna visa den form, Holtz gifvit den vanligen efter honom benämda elektricitetsmaskinen.

Maskinen består af två bredvid hvarandra belägna glasskifvor A och B, af hvilka den förra är större än den senare och fast, medan B med tillhjelp af snörskifvorna S och S' kan sättas i hastig rotation. Skifvan A fasthålles medelst ringar af härdadt gummi, så kallad kammassa, hvilka sitta på horisontala glasstafvar, som upp- och nedtill förena de vertikala glaspelarna 1, 2 3 och 4. En cirkelformig utskärning är gjord på midten för att bereda rum åt den axel, som bär skifvan B. Axeln x hvilar medelst sina ståltappar på tvärstyckena k och h, som äro anbragta mellan pelarna 1 och 3 samt 2 och 4. Vid det förra af dessa tvärstycken äro dessutom fästa två konduktorer g och i; de äro med sina spetsar vända mot glasskifvan B och sluta med de båda kulorna n och p, hvilka medelst sina vid f och k anbragta förskjutbara stänger närmas till eller aflägsnas ifrån hvarandra. Två andra konduktorer t och v äro anbragta vid en lodrät staf af kammassa, hvilken, som bekant, är en god isolator, och uppbäras likaledes af tvärstycket k.

Sedan vi nu angifvit influenselektricitetsmaskinens hufvuddelar, kunna vi ingå i en närmare redogörelse för hans verksamhet. Dessförinnan måste vi

dock lägga märke till inrättningen af glasskifvan *A*, hvilken, såsom af fig. 323 synes, ej utgöres af en hel glasplatta, utan visar två hvarandra diametralt motsatta utskärningar *a* och *b*. Dessa utskärningar befinna sig midt emot konduktorerna *g* och *i*. Bredvid dem äro på skifvan *A* uppklistrade två pappersbitar *c* och *d*, och från hvar och en af dem sticker en tillspetsad bit kortpapper in i den närbelägna öppningen. Alltsammans, skifva, pappersbeläggningar och kortspetsar, är öfverdraget med fernissa af gummilacka.

För att sätta maskinen i verksamhet meddelar man först elektricitet åt beläggningen *c*. Antaga vi, att detta skett derigenom, att man till henne närmat en med kattskinn piskad hartskaka, är nu *c* laddad med negativ elektricitet. Den här samlade elektriciteten verkar genom glasskifvan *B* fördelande på konduktorn *g*, så att positiv elektricitet drages till dess mot glaset vända spetsar och derifrån strömmar öfver på skifvan, medan den negativa går till kulan *n*, hvilken vi till en början böra tänka oss ställd i beröring med *p*. Från *n* går den negativa elektriciteten öfver till *p* på konduktorn *i* och strömmar från dess spetsar öfver på glasskifvan *B* på det ställe, som ligger gent emot skifvan *A:s* beläggning *d*.

Detta förlopp skulle vara föga märkbart, om skifvan *B* förblefve i sitt läge, och i alla händelser skulle den elektriska laddning, bestående af positiv elektricitet från *g* och negativ från *i*, som hon erhållit, ej kunna åstadkomma några verkningar, då hon måste förblifva bunden. Men om skifvan *B* sättes i rörelse åt det håll, som pilarna i vår figur antyda, komma allt jemt nya, icke med elektricitet laddade delar af glasskifvan midt emot konduktorerna, och man kan i mörkret iakttaga, att utstrålningen från spetsarna af konduktorn *g* är kontinuerlig. Den vid *gg* med positiv elektricitet laddade skifvan *B* bibehåller denna laddning, hvilken bindes af den närbelägna skifvan *A*, tills hon kommer midt emot utskärningen *b*. Här frigöres den positiva elektriciteten och åstadkommer en fördelning i beläggningen *d*, så att negativ elektricitet genom spetsen af kortremsan strömmar öfver på skifvan *B*, under det att beläggningen sjelf laddar sig med positiv elektricitet. Denna positivt elektriska beläggning *d* verkar nu på alldeles samma sätt på konduktorn *i* som den negativt elektriska beläggningen *c* på konduktorn *g*, och det så, att hon befordrar den negativa utstrålningen mot skifvan *B* i samma grad, som hon ökar den positiva utstrålningen från konduktorn *i*. Beläggningarnas laddning ökas sålunda, och skifvan erhåller under andra och öfre hälften af hvarfvet en starkare laddning negativ elektricitet från *d* än den positiva, hon erhöll från *c*. Hvarje halft hvarf ökar på detta sätt spänningen, och denna blir snart så stor, att kulorna *n* och *p* kunna aflägsnas från hvarandra, och gnistan, som hoppar öfver emellan dem, kan småningom utsträckas till en vida större längd än på elektricitetsmaskiner af äldre konstruktion. Från konduktorerna kan man ladda leidenflaskan, i det man bringar den inre beläggningen i förbindelse med den ena och den yttre med den andra, och så vidare.

Elektriska försök. Man kan medelst elektricitetsmaskinen anställa en hel mängd särdeles intressanta försök. Närmast till hands låg först att be-

gagna elektricitetens dragande och bortstötande egenskaper till en myckenhet leksaker. Man hade elektriska klockspel, elektrisk kul- eller dockdans och andra variationer af samma tema, alla bestående deruti, att mellan två med elektricitet af motsatt slag laddade plattor, t. ex. en elektrofors hartskaka med sitt tillhörande lock, båda upphängda horisontalt, lätta kroppar fingo hoppa upp och ned. De gjordes vanligen af flädermerg, hvarigenom man kunde gifva dem hvilken form man behagade.

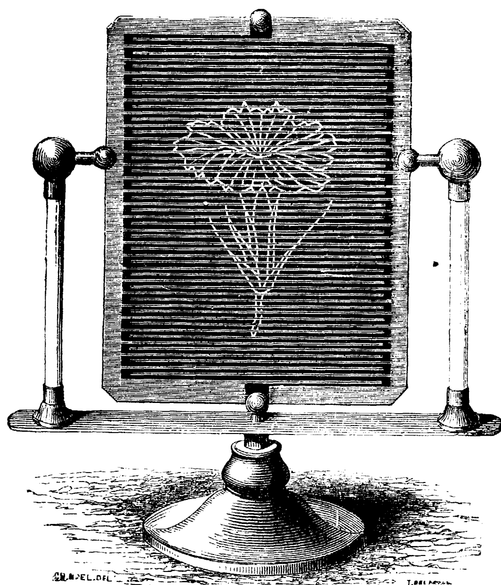


Fig. 325. Blixtskifvan.

På den elektriska gnistans ljus- och värmefenomen grunda sig äfven flera andra apparater, af hvilka blixtskifvan och blixtrören torde vara de mest bekanta. Den förra utgöres af en med stanniolremsor mosaikartadt belagd glasskifva. Mellanrummen mellan metallremsorna blifva lysande, då den elektriska gnistan ledes öfver skifvan, och man kan sålunda genom lämplig anordning af de nämda mellanrummen framställa hvilket mönster man önskar.

Blixtrören deremot äro lufttomma glasrör, fästa kring en axel och hvartdera innehållande ett par droppar qvicksilfver. Sättes axeln i rotation, falla qvicksilfverskulorna utför glasväggarna och utveckla genom gnidningen elektricitet, som uppfyller det lufttomma rummet med ett plötsligt magiskt sken.

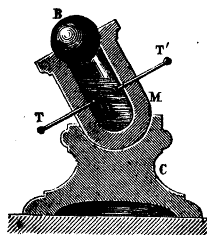


Fig. 326. Elektrisk mörsare.

Fyller man ett rör med en blandning af väte och syre och låter en elektrisk gnista deruti hoppa öfver mellan ett par metalltrådar, antändes blandningen, och en kula kan skjutas ut ur röret. Denna så kallade elektriska pistol har i Lenoirs gasmaskin funnit en användning i stort. Krut kan på samma sätt antändas, och man gör äfven vid större sprängningar bruk häraf, ja, man kan till och med genom det värme, som den elektriska gnistan förorsakar, utvidga en afstängd luftmassa, så att hon, som i den elektriska mörsaren, kan utslunga den afspärrande kulan. Fig. 326 visar en dylik apparat; gnistan hoppar här öfver från T till T'.

Särdeles intressanta visa sig äfven verkningarna af leidenflaskan och det elektriska batteriet. Med dylika batterier erhålla vi dock på långt när ej så långa gnistor som från konduktorerna till en elektricitetsmaskin. Van Marum erhöll ur den stora maskinen i teylerska museet i Leiden gnistor af

nära 3 fots längd, och Winter i Wien har ur den efter hans plan omarbetade elektricitetsmaskinen vid der varande polytekniska skola framkallat gnistor af ännu större längd. Vid urladdningarna af en leidenflaska äro mycket större qvantiteter elektricitet i rörelse, hvarför äfven hennes verkningar kunna vara särdeles starka. Tjocka pappskifvor kunna genomstickas af gnistan och glasskifvor genomborras, om man, såsom i fig. 327, medelst kedjan CC' förenar en metallspets med den yttre beläggningen, under det att en gent emot den förra stående spets T genom A och B kan sättas i förbindelse med den inre beläggningen. Mellan spetsarna T och T', hvilka måste vara hvarandra så nära som möjligt, lägges den glasskifva, som skall genomborras; närmar man nu A till B, så att elektriciteten kan gå öfver, är det endast afståndet mellan spetsarna T och T', som skiljer de båda beläggningarnas elektricitet från hvarandra, och vid ett ej allt för stort afstånd kan spänningen göras så stor, att gnistan tränger direkt genom glaset. Metalltrådar råka i liflig glödning vid elektricitetens genomgång, tunnare smälta, och fina platina- eller silfvertrådar förbrinna med ett bländande sken. Att dylika verkningar äfven skola vara känbara för nerverna, är naturligt. Medan gnistan från en konduktor endast förorsakar en stickande känsla, kan urladdningen från ett elektriskt batteri ögonblickligt döfva en menniska, ja, verkningen kan vara ännu förfärligare. För att vid experimenten undvika de alltid högst smärtsamma stötarna måste man behandla dessa apparater med den största försigtighet. Man bör noga akta sig att låta kroppen komma in i ledningen mellan den inre och yttre beläggningen.

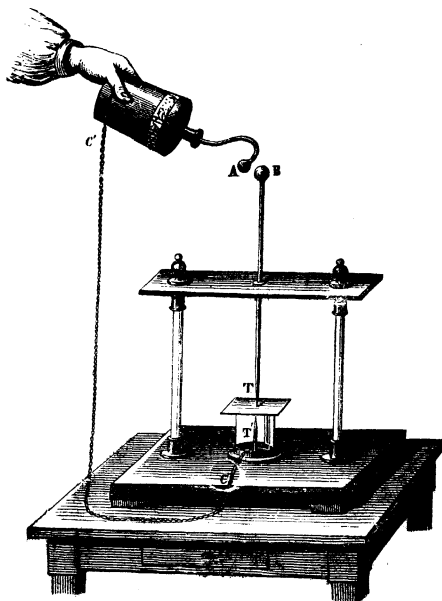
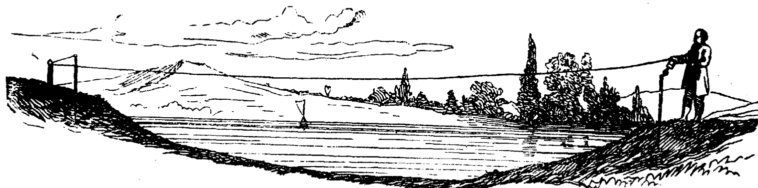
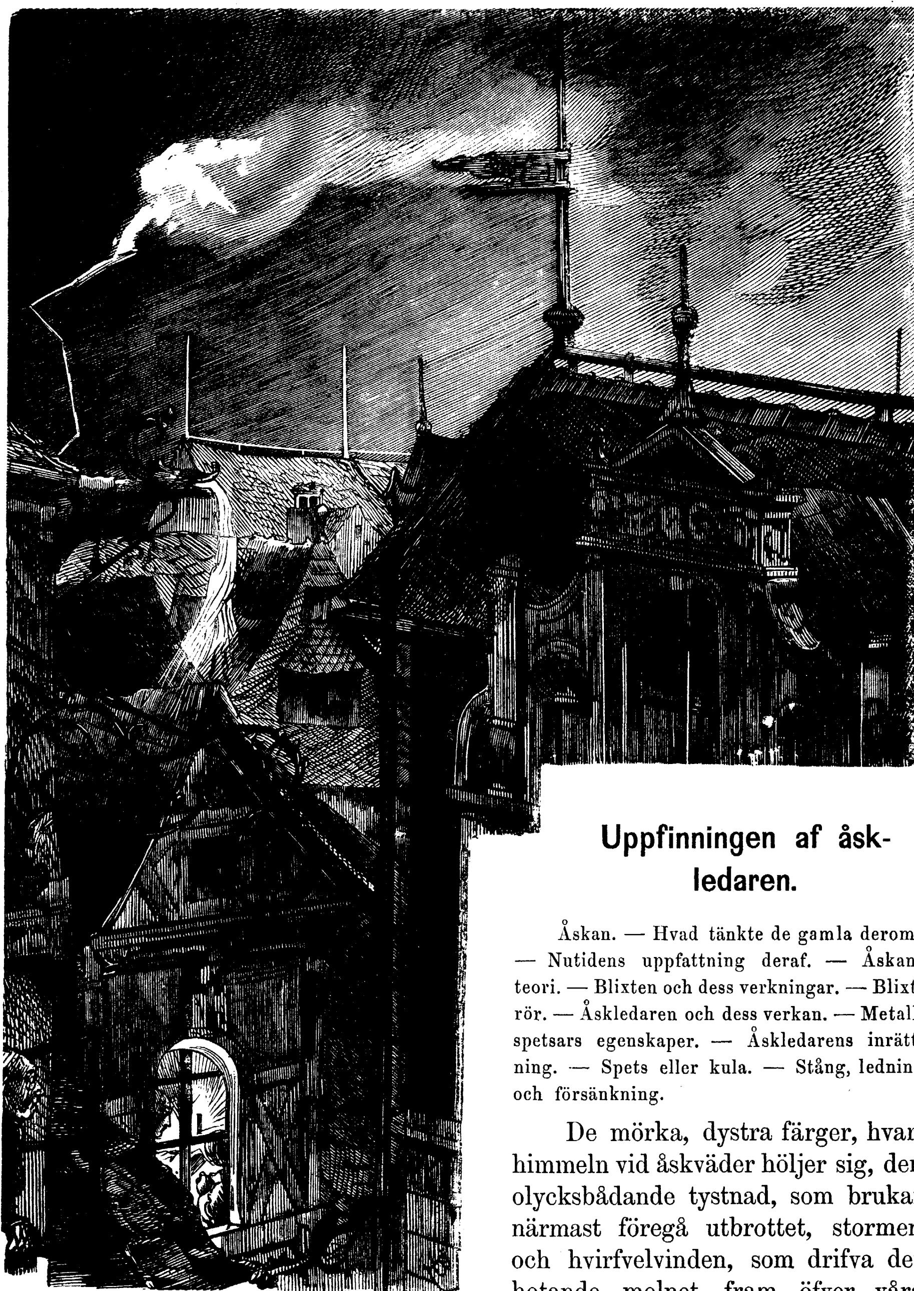


Fig. 327. Genomborrning af glas medelst gnistan från en leidenflaska.





Uppfinningen af åskledaren.

Åskan. — Hvad tänkte de gamla derom? — Nutidens uppfattning deraf. — Åskans teori. — Blixten och dess verkningar. — Blixtrör. — Åskledaren och dess verkan. — Metallspetsars egenskaper. — Åskledarens inrättning. — Spets eller kula. — Stång, ledning och försänkning.

De mörka, dystra färger, hvari himmeln vid åskväder höljer sig, den olycksbådande tystnad, som brukar närmast föregå utbrottet, stormen och hvirfvelvinden, som drifva det hotande molnet fram öfver våra hufvuden, det fruktansvärda brak, hvarmed åskan börjar sin ihållande rullning, tills hon, närd af de olika luftlagrens eko, dör bort i ett aflägset doft mullrande, men framför allt blixten, som likt en glödande piska skjuter ned

ur molnet och utbreder död och förderf, hvar han slår ned, alla dessa majestätiska och uppskakande fenomen utöfva det mäktigaste inflytande på inbillningskraften och framkalla under ett folks barndom föreställningen, att åskan utgör demoniska yttringar af den gudomliga viljan. Jupiter regerar verlden, och blixten är verktyget för hans herskarmakt. En naiv naturreligion gör den högsta gudomen och åskans orsak till ett, och så länge denna religion bibehöll sig oblandad, forskade man ej efter andra orsaker till fenomenet. Man tog åskan, liksom solen, vattnet och hela naturen, så att säga på god tro, utan att bekymra sig om orsaker, och fördrog med ödmjuk undergifvenhet de skadliga verkningarna. Man kunde ej styra den griffel, som föreskref blixten dess bana.

Först efter reformationen beträdde man den enda väg, hvarpå man kunde nedtränga till företeelsernas djupare liggande orsaker. Visserligen voro de försök till förklaring af åskan, man gjorde, ej alltid lyckliga. Flera ansågo blixten för en eld, som uppkommer genom antändning af i luften sväfvande, bränbara, olj- eller svafvelartade dunster, måhända med inblandning af salpeter, hvarigenom de krutets liknande verkningarna skulle förklaras. Descartes uttalade den åsigten, att blixten vore ett ljusfenomen, som uppkomme genom vissa sammandragningar af molnen och hvarmed en stor värmeutveckling nödvändigt måste vara förenad; åskan vore ingenting annat än det buller, som massor af moln, nedstörtande från en stor höjd mot lägre liggande molnlager, måste framkalla. Genom uppfinningen af elektricitetsmaskinen och de dermed anstälda försöken erhöll man dock snart synpunkter, som tydligt visade otillräckligheten af de förut gjorda försöken till fenomenets förklaring.

Wall, en engelsk fysiker, var den förste (år 1708), som jemförde ljuset och sprakandet, som märkas, då bernsten gnides, med blixten och åskan. Gray och Nollet gjorde det samma, och Winkler i Leipzig uttalade sig bestämdt för öfverensstämmelsen mellan de båda företeelserna samt påstod, att den enda skilnad, som eger rum mellan den ur elektricitetsmaskinens konduktor dragna gnistan och blixten, vore bådas olika styrka. Benjamin Franklin, den store amerikanske medborgaren, lemnade genom omedelbara försök afgörande bevis för detta påstående. Medelst en pappersdrake, som han lät uppstiga mot ett åskmoln, nedförde han elektriciteten ur molnen och experimenterade med denna elektricitet alldeles på samma sätt som med den, man erhåller från en elektricitetsmaskin. Men då elektriciteten kan erhållas ur molnen i vida större mängd än på annat sätt, blefvo resultaten af dessa försök så glänsande, att Franklins experiment upprepades på en mängd ställen och både den lärda och olärda verlden en tid ordentligt fråssade af elektricitet. Ty värr föll en af forskarna ett offer för denna naturkrafts väldiga makt. Richmann, en fysiker i Petersburg, dödades under ett af honom anstäldt försök rörande molnens elektricitet af en från ledningen kommande blixtstråle. Då detta kunde hända en erfaren och försigtig experimentatör, är det ej förvånande, att andra, mindre öfvade personer föllo offer för sin vetgirighet.

Hvad är åskan? Hon är, som sagdt, ingenting annat än en storartad elektrisk urladdning, som försiggår i luften. Blixten är den elektriska gnistan. Öfver allt på jorden försiggå fenomen, hvarigenom stora mängder elektricitet utvecklas. Elektriciteten samlas småningom i molnen, dit hon uppstiger med vattenångan. De täta, fuktiga molnen utgöra en mycket verksam konduktor, som i sig upptagit stora mängder fri elektricitet. De måste derför verka fördelande på den under varande jordelektriciteten, stöta ifrån sig den liknämniga, t. ex. den positiva, draga till sig den oliknämniga, den negativa, och samla denna i närmaste högst belägna punkter, såsom trädtopparna, tornspetsarna o. s. v.

På detta sätt uppkommer en spänning mellan de hos molnen och jorden varande motsatta elektriciteterna, hvilkas förening hindras af luften, som är en dålig ledare. Men detta hinder öfvervinnes slutligen, antingen molnen ladda sig starkare och spänningen derigenom växer, eller de komma jorden närmare, eller framskjutande föremål, t. ex. höga bygnader och träd, sträcka sig som en ledning mot molnen. Utjemningen sker då genom en mot jorden nedgående blixt.

Liksom på jorden, verkar ett starkt laddadt moln fördelande äfven på andra moln, och härigenom kan en ansenlig elektricitetsspänning uppstå. Då i detta fall de båda elektriska kropparna lätt kunna närmas intill hvarandra, uppkommer vanligare och lättare en utjemning mellan dem än mellan molnen och jorden. Om två med motsatta slag af elektricitet laddade moln komma nära hvarandra, försiggår processen stundom ganska lugnt, så att endast molnens gestalt och täthet förändras. Men är spänningen stark och luften torr, sker urladdningen i form af en mellan molnen farande blixt, hvilken ej kommer till jorden.

Man antog förr, att åskmolnens elektricitet alltid är positiv. Detta är visserligen ofta fallet, men kan ej gälla som regel. Lika litet känner man i de särskilda fallen något närmare om den omedelbara orsaken till den atmosferiska elektriciteten; ty om vi äfven veta, att vid flera i atmosferen försiggående processer, såsom afdunstning, kondensation, uppvärmning o. s. v., elektricitet frigöres, äro likväl de härvid bestämmande omständigheterna af så mångfaldig art och, ehuru tillsammans af ofantlig betydenhet, likväl hvar för sig ofta af så ringa inflytande, att de blifva svåra att upptäcka och undersöka.

Om nu ett på hvad sätt som helst laddadt elektriskt moln går öfver jorden, verkar det fördelande på det i denna utbredda elektriska fluidum och drager den molnets motsatta elektriciteten till den närmast belägna ytan; den liknämniga bortstötes (fig. 330). Att gnistan vanligen går från molnet till jorden, torde bero på molnets lättrörlighet. I vissa fall kan dock inträffa, att gnistan går från jorden till molnet, ehuru detta är mera sällsynt.

Hvad vi nu veta om åskan, härrör förnämligast af Benjamin Franklins ofvan nämda försök. Denne namnkunnige man föddes i Boston den 17 januari 1706. Med naturvetenskaperna syselsatte han sig först under fjerde årtiondet af sitt lif, men, liksom allt hvad han företog sig, buro hans arbeten deruti

prägeln af hans egendomliga, rikt begåfvade ande och kröntes äfven af lysande framgång.

Genom sina iakttagelser kom han 1747 till den fasta öfvertygelsen, att åskan ej är någonting annat än utjemningen af två motsatta elektriciteter, att blixten ej är någonting annat än en stor elektrisk gnista och att, liksom denna, åskan, då hon slår ned, går genom kroppar, som äro goda ledare, utan att göra någon skada, men att hon deremot vid gången genom en sämre ledare kan splittra, smälta och antända. Iakttagelsen, att blixten företrädesvis slår ned på spetsiga, framskjutande föremål, såsom torn, master, träd o. s. v., förde den praktiske Franklin på den djerfva tanken att försöka, om icke elektriciteten

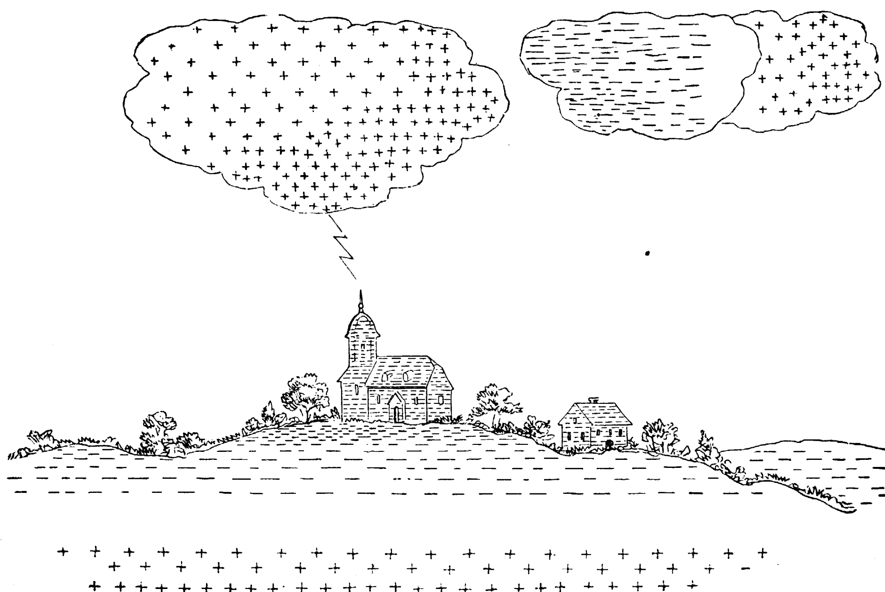


Fig. 330. Åskans uppkomst.

kunde från ett åskmoln afledas till jorden. Han anstälde i följd häraf det berömda försöket, hvars fara han visserligen ej anade. En stor drake förfärdigades af ett öfver en ställning spändt sidenstycke, och vid öfre ändan af mellersta stången anbragtes en jernspets. Linan, hvarmed draken uppsläptes, var af vanligt segelgarn, dess nedre del ett silkessnöre, vid hvars undre ända en stålnyckel tjenade till handtag. Med denna inrättning gick Franklin en dag sommarn 1752, åtföljd af sin son, den ende, han meddelat sin afsigt, vid ett åskväders annalkande ut till en äng nära Philadelphia och lät draken uppstiga. I början upptäckte Franklin ej det ringaste spår af elektricitet, fastän draken stod högt och åskmolnen drogo temligen tätt deröfver. Han började redan frukta, att hans åsigt om åskans natur ej vore den rätta, då han, sedan ett sakta regn fuktat linan, plötsligt märkte, att de lösa trådarna på silkessnöret allesammans sträckte sig uppåt, alldeles som om snöret hängde på

konduktorn till en elektricitetsmaskin. Uppmuntrad af dessa tecken till elektricitetens närvaro, undersökte han fenomenet grundligare, höll ett finger mot stålnyckeln, och en stark gnista sprang nu ut ifrån denna till hans kropp. Luftelektriciteten verkade således på samma sätt som den med konst framkallade elektriciteten. Det var, i förbigående sagdt, en lycka för Franklin, att ej snöret var helt och hållet fuktigt eller utgjordes af något mer ledande ämne; försöket kunde eljest lätt ha kostat hans lif. Vid senare försök lyckades han ladda en leidenflaska med luftelektricitet, hvilken visade alla de bekanta företeelserna. Franklin uppstälde äfven vid sitt hus en isolerad jernstång för att kunna beqvämt verkställa sina undersökningar. Stångens undre ända försågs med två klockor, som gåfvo ett klingande ljud ifrån sig, när luften egde en betydande elektrisk spänning.

De franklinska försöken upprepades på många ställen med några ändamålsenliga förändringar. Så t. ex. band en fransk vetenskapsman Romas sin drake vid ett snöre, som var genomflätadt med en metalltråd, men i sin nedre del, till skydd för blixten, var af silke. För att ej behöfva framkalla gnistorna med fingret begagnade han en metalledare, som stod i förening med jorden genom en jernkedja och kunde hållas med ett icke ledande handtag. Draken steg omkring 600 fot i höjden och passerade luftlager, som voro i hög grad elektriska, ty Romas erhöll inom en timme tretio blixtar af omkring 10 fots längd, åtföljda af ett buller, liknande knallen af en pistol. Efter sådana försök måste tron på olj- och salpeterartade dunster som blixtens orsak blifva helt och hållet tillintetgjord.

Åskdundret. I samband med upptäckten af orsaken till åskan lärde man äfven känna anledningen till det alldeles oskyldiga tordönet eller åskdundret, hvilket dock hos iakttagaren af ett åskväder injagar den största skräcken. Det uppkommer helt enkelt af dallringarna hos den våldsamt skakade luften. När blixten genomtränger atmosferen, upphettas de närgränsande luftpartiklarna i så hög grad, att deras volym mångdubblas för att derefter, när värmet fördelas, sjunka till hopa igen. Härigenom uppkommer dånet. Det förstärkes genom återkastningen från de olika molnen, bergen och skogarna. Emedan ljudet fortplantas långsammare än ljuset, ser man blixten förr, än man hör knallen, och den förra synes på en gång i hela sin ofta flera mil långa bana, medan ljudet af knallen endast småningom når örat. Om vi antaga, att blixten på ett ögonblick framgått en mil, framkallas ljudet samtidigt på alla punkter af denna väg. Men det gifves intet ställe, der örat på en gång kan mottaga alla de uppkommande ljudvågorna; dessa hinna blott efter hvarandra örat, hvilket följaktligen förnimmer knallen som ett ihållande dån. Man hör af dess växande styrka, när åskan närmar sig. I närheten af det ställe, der åskan slår ned, förnimmes samtidigt med blixten ett enda slag. Är åskan aflägsen, inträffar ett långt uppehåll mellan blixt och knall. Detta ger oss ett beqvämt medel att bedöma, huru långt borta hon är. Då blixten och åskdundret uppstå i samma ögonblick, men ljusets fortplantning kan i fråga om jordiska

afstånd anses ske ögonblickligt, medan ljudet blott tillryggalägger en väg af omkring 1150 fot i sekunden, behöfva vi endast multiplicera det antal sekunder, som förflyter mellan blixten och dundret, med 1150 för att erhålla afståndet i fot.

Blixtens verkningar. Blixten är i och för sig icke varm; han alstrar först värme, när han vid rörelsen röner motstånd. I atmosferens öfre regioner, der luften är så förtunnad, att hon ej sätter något hinder mot elektricitetens utjemning, förvandlas blixten till en tyst ljungeld, medan i de lägre luftlagren ett starkare motstånd måste öfvervinnas. Träffar blixten en god ledare med stor genomskärningsarea, far han ned deruti utan att lemna märkliga spår efter sig. Men måste han tränga sig fram genom tunna trådar eller tort kådigt trä, upphettas dessa mycket starkt. Jern leder elektriciteten ojemförligt bättre än trä. Då nu erfarenheten visar, att så stora mängder elektricitet utjemnas genom blixten, att till och med tjocka jernstänger kunna smältas deraf, är det ej förvånande, om andra, mindre goda ledare deraf helt och hållet förstöras. I samband med den stora värmeutvecklingen står den ofantliga mekaniska verkan, som utöfvas af åskslagen. Om blixten slår ned i ett träd, söker han sin väg företrädesvis mellan barken och kärnan, i den fuktiga splinten. Vattnet förvandlas plötsligt i ånga, och deraf förklaras den ofantliga splittring och sönderslitning, man iakttager hos träd, som träffats af blixten.

Samma blixt, som endast föga uppvärmer en åskledares tjocka stång, smälter fullkomligt förgyllningen på en tafleram, som han träffar i sin väg. Humboldt berättar i sin Kosmos, att han på sin resa i Sydamerika, der åskan visserligen rasar med en i Europa okänd häftighet, påträffat flera klippor, hvilkas yta blifvit helt och hållet glaserad. Blixtrören, som man ej sällan på jemna, sandiga ställen anträffar under jordytan och som man stundom till en längd af 40 fot och derutöfver, i en enda riktning eller fördelade i grenar, kan följa, äro ingenting annat än sand, som blifvit smält af blixten och hvars delar på detta sätt förenats till en rörformig massa.

Man trodde sig förr ha upptäckt en mängd underbara bildningar, som blixten skulle ha åstadkommit, och till och med lärda personer kunde ej motstå frestelsen att berätta derom och tillskrifva dem märkvärdiga orsaker. Så t. ex. skulle genom ljusfenomenet vid blixtrandet en teckning af ett framför stående torn blifvit inbränd på en fönsterruta; på menniskor, som blifvit dödade af blixten, tyckte man sig ha funnit inbrända skrifttecken, kors eller afbildningar af i närheten varande föremål o. s. v., och man trodde sig här spåra ett slags naturlig fotografi. Men det har visat sig, att alla dessa företeelser äro af alldeles tillfällig art och blifvit öfverdrifna af en uppjagad fantasi. Deremot framkallar blixten väldiga mekaniska verkningar.

I närheten af Manchester slog åskan ned den 2 augusti 1809. Hon gick mellan en källare och en cistern ned i jorden och försköt en mur af flera fots tjocklek och betydlig höjd ett stycke af omkring 3 fot vid ena och 10 fot vid andra ändan, hvarvid naturligtvis de i muren anbragta träbjelkarna brusto.

Den flyttade muren innehöll 7 000 tegelstenar med en vigt af omkring 600 centner. Öfver byn Sprachendorf i Schlesien urladdade sig den 7 augusti 1803 ett häftigt åskväder. Blixten slog ned i kyrkan, och af nära tusen personer, som befunno sig derinne, kastades större delen döfvade till jorden; femtio träffades och sveddes af blixten, men blott en 17 års flicka, som bar en silfverkedja, dödades. Kedjan hade smält af blixten.

Det har händt, att blixten slagit ned på fartygsmaster och dervid förändrat magnetismen hos kompassnålen, så att dennas poler blifvit omkastade. Vi skola längre fram lära känna orsaken till detta märkvärdiga förhållande, som redan låter ana ett nära samband mellan elektriciteten och magnetismen.

Åskledaren. Ingenting är naturligare, än att man söker skydda sig för blixtens härjande verkningar, och den iakttagelsen, att högt uppskjutande föremål företrädesvis draga honom till sig, har måhända redan i äldre tider föranledt anordningar, som ega en viss likhet med våra åskledare. Numa och Tullus Hostilius sägas hafva egt medel att afvända blixtens verkningar. Det uppgifves icke, hvaruti detta medel bestod, men man torde kunna sätta det i samband med den i äldre tider vanliga uppställningen af kopparstoder för att nedkalla meteoriska gnistor. Ktesias berättar om de gamla inderna, att de begagnade sig af ett slags jern för att afleda blixten. Templen, i synnerhet det, som var helgadt åt Apollo, omgafs med lagerlundar, som skulle utgöra ett skyddsmedel. På Karl den stores tid var det brukligt att på fälten uppresa höga stänger för att afleda hagelskurar, hvilket likväl af kejsaren stämplades som vidskepelse. Man skulle kunna anföra många andra antydningar i denna riktning, men vi skola i stället öfvergå till den på verklig forskning grundade uppfinningen af åskledaren, en af de nyttigaste, som någonsin blifvit gjorda.

Benjamin Franklin är ensam om denna stora uppfinning. Han har ej haft någon föregångare på denna väg, ej begagnat andras erfarenhet, utan fullkomligt sjelfständigt bragt sitt verk till stånd, så fulländadt, att den senare tiden ej funnit mycket att deruti förbättra.

Ett åskmoln är en med elektricitet laddad konduktor. Men nu är det någonting för elektriciteten karakteristiskt, att hon samlas på ytan och fortfarande sträfvar att utbreda sig, hvarifrån hon blott hindras af den omgifvande luften eller andra dåliga ledare. Allt efter kroppens form äro äfven spänningsförhållandena olika. En sferisk yta får öfver allt ett lika tjockt lager elektricitet. Men om på sferen anbringas en framskjutande spets, koncentrerar sig elektriciteten i denna, och på samma sätt verka andra ojemnheter på kroppen, såsom kanter, hörn o. s. v. Elektriciteten samlas der i större mängd och spänning samt utströmmar slutligen, om spetsen, kanten eller hörnet äro tillräckligt skarpa. Detta fenomen visar sig i mörkret som en glänsande ljusknippa.

Denna egenskap hos spetsarna ha vi redan hos elektricitetsmaskinen sett praktiskt tillämpad. I naturen utgör han anledning till ett märkvärdigt feno-

men, hvars förklaring länge erbjöd stora svårigheter, nämligen den s. k. s:t elmselden.

Det inträffar stundom, att små blå lågor visa sig öfver spetsarna till åskledare, på hörnen till takrännor af metall, öfver tornspiror m. m., uppkommande och försvinnande utan synbar yttre orsak. Ofta visar sig denna företeelse på masttopparna till fartyg och var då hos de gamla grekerna och romarna ett tecken till stormens snara upphörande. Två små lågor, Kastor och Pollux, voro lyckobringande, en enda deremot, Helena, förderflig. Spetsarna behöfva ej alltid skjuta mycket högt upp öfver jordytan; man har sett lågor på bildstoders hufvuden, på soldaternas lansar, på vandrarnas hattar, på hästarnas öron o. s. v.

Fenomenet har nu mera ingenting gåtlikt. Det uppkommer genom utströmning af fri elektricitet, antingen denna endast i följd af för stark spänning lemnar marken eller på detta lugna sätt utjemnar sig med atmosferens elektricitet. I hvarje sådant fall minskas spänningen genom processen och förberedes småningom och stilla ett jemvigtstillstånd, hvilket genom blixten endast kan framkallas tillsammans med våldsamma förstörande verkningar.

Åskledaren har samma ändamål, och dess snillrike uppfinnare har med riktig uppfattning af sist beskrifna naturfenomen grundat honom på spetsarnas egenskap.

Det torde knapt gifvas någon uppfinning, hvilken vid sin uppkomst försatte hela den lärda och icke lärda, fromma och profana verlden i en sådan uppståndelse som Franklins. Man anade hennes stora betydelse; många fromma, men inskränkta själar trodde sig dock deruti se en afsigt att söka beröfva Gud ett medel att utföra sina straffdomar. Detta hindrade ganska länge åskledarens allmänna användande. Härtill bidrog äfven nationalfåfängan, som ej unnade en amerikan äran af denna uppfinning och bemödade sig att förringa hennes värde.

Det var år 1760 Franklin lät uppställa den första åskledaren, hvilken ej väsentligt skilde sig från den nu använda. Denna apparat, som anbragtes på en bygnad tillhörande en köpman West i Philadelphia, utgjordes af en jernstång af 10 fots längd och 9 liniers diameter; hon isolerades från bygnaden genom dåliga ledare och förenades genom en metalledning med jorden. År 1782 hade Philadelphia redan på sina 1 300 bygnader mer än 400 åskledare. Alla offentliga bygnader, med undantag af det franska ambassadhotellet, voro dermed försedda. Och just i detta hus slog blixten ned den 27 mars 1782 och dödade en officer. Nu först lät Frankrikes sändebud förse sin boning med skyddsinrättningen. I England kom, i följd af hatet till Amerika, åskledaren ej i bruk förr än omkring år 1788, och till en början endast på fartyg. Det dröjde länge, innan han der började användas på bygnader. I Frankrike gjorde man sig visserligen något förr uppfinningen till godo, ehuru förnämligast för skyddet af kruthus. Till åskledarens allmänna införande i Europa bidrog väsentligt en af den berömde fysikern Saussure i Genève utgifven liten po-

pulär skrift om denna apparats nytta, hvarigenom fördomarna mot dess användande småningom skingrades.

Åskledarens inrättning. Apparaten är naturligtvis helt och hållet af metall; lika klart är äfven, att de bäst ledande metallerna, silfver och koppar, äfven skulle vara de lämpligaste, om ej jernets mindre kostnad måste tagas i beräkning. Man bör dock härvid erinra sig, att i följd af kopparns större ledningsförmåga en ledning af koppar blott fordrar en sjettedel eller en sjundedel så stor tvärgenomskärning som en motsvarande ledning af jern. Å andra sidan har åskledaren af jern fördelen af en betydande styrka, så att han ej lätt brister genom en tillfällig yttre inverkan.

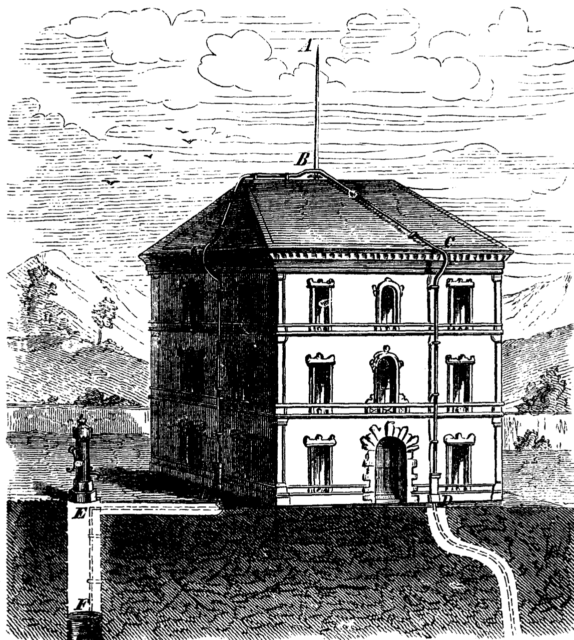
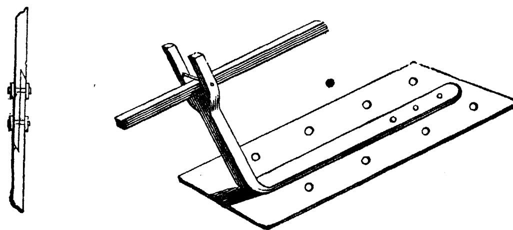


Fig. 331. Åskledare.

På åskledaren kan man urskilja tre delar: öfre stången med spetsen, den till jorden förande ledningen och dennas försänkning. I stället för spets har man vid flera tillfällen användt kulor, i den tron, att spetsarna ej skulle kunna upptaga så stora mängder elektricitet som kulorna och att de för lätt skulle smältas af blixten. Detta beror dock på en missuppfattning af hela apparatens verkan. Åskledaren skall ingalunda draga blixten till sig, utan i stället genom att fortfarande låta elektricitet utströmma genom spetsen neutralisera den i luften befintliga elektricitetsmängden. Det blir nästan samma förhållande, som när ett åskmoln framgår öfver en skog med spetsigt uppstigande träd: åskmolnet förlorar vanligen sin elektricitet, utan att det behöfver genom en blixt mot jorden neutraliseras. Askledaren skall i förstärkt grad åstadkomma det samma som i detta fall hvarje enskildt träd. Men afslutar man apparaten med en kula, hindras elektricitetens jemna utströmning och i stället uppfångas blixten deraf. Äfven i arkitektoniskt hänseende äro spetsarna att föredraga. Vid några tillfällen har man anbragt flera spetsar på samma stång. Spetsarna göras ofta af koppar och förgyllas eller platineras för att blifva varaktigare. Bäst är utan tvifvel att göra dem helt och hållet af platina.

Fig. 331 visar en med åskledare försedd bygnad. *AB* är den öfre stången med spetsen, sträckande sig öfver bygnadens tak. Bäst är att för vinnande af större motståndsförmåga gifva henne form af en uppåt långsamt afsmalnande pyramid. Höjden är olika, vanligen 10 till 20 fot, och derefter rättar sig stångens äfvensom ledningens tvärskärning. Stången bildas ofta af flera sins emellan noggrant förenade delar. Nedtill vid *B*, der hon uppstiger från takåsen, finnes ett litet skyddstak för att hålla det ställe, der hon är fäst i bjelken, fullkomligt tort. Man antager vanligen, att en stång skyddar på en omkrets af 40 till 54 fots diameter, så att en bygnad af mera än omkring 70 fots längd åtminstone erhåller två stänger, större bygnader jemförelsevis flera. Naturligtvis är det bättre att uppställa ett större antal stänger och dermed besätta alla framskjutande punkter.

Genom ledningen *BCD* är stången bragt i förening med jorden. Om flera stänger stå på en bygnad, kan man för dem använda en gemensam ledning. Omvändt kan man begagna två ledningar för en enda stång, på sätt afbildningen visar. Den till jorden förda ledningen nedgår i en brunn *EF*. Der detta ej låter sig göra, föres hon åtminstone så djupt ned, att hon uppnår ett fuktigt jordlager. Är ledningen af jern, måste hon genom anstrykning så mycket som möjligt skyddas för rost. Anordningen må för öfrigt vara hurudan som helst, måste hon alltid uppfylla hufvudvilkoret, att en oafbruten, icke för svag eller bristfällig metallisk ledning eger rum från stången till jorden, så att elektriciteten lätt kan från henne uppstiga mot spetsen. Vid hvarje punkt, der ledningen är afbruten eller starkt angripen af rost, kan man befara, att elektriciteten söker sig en beqvämare väg, hvarvid hon genom antändning eller splittring kan åstadkomma skada. Det är derför nödvändigt, att ledningen, som den vigtigaste delen af hela åskledaren, tid efter annan underkastas noggrann besigtning, så att möjligen uppkommen skada i tid kan afhjelpas.


Fig. 332, 333. Ledningens sammansättning och anbringande.

Man var förr af den åsigten, att elektriciteten framledes vid kropparnas yta, och att det derför vore ändamålsenligt att göra ledningens yta så stor som möjligt. Detta är likväl ett misstag, ty motståndet, som elektriciteten röner vid sin rörelse, beror ej af ytan, utan af tvärskärningen och blir så mycket mindre, ju större denna är. Det är derför ej lämpligt att minska ledningens tvärskärning under en viss gräns. Mindre än omkring en fjerdedels qvadrattums tvärskärning bör man ej gifva en åskledarstång och ledning af jern. Använder man flera stänger i förening med en gemensam ledning, kan dennas tvärskärning lämpligen tagas lika med summan af de tillhörande stängernas tvärskärningar. Ledningen utföres vanligen af smidjernsstänger eller af grof jernplåt. De särskilda delarna sammanfogas, på sätt fig. 332 visar; fogytorna

böra ligga tätt tillsammans och vara fullkomligt rena. Ledningen anbringas vid taket och för öfrigt vid bygnaden medelst isolerande stöd, på sätt fig. 333 antyder. Så framt hon ej går förbi stora, i bygnadens inre liggande metallmassor, är det ej nödvändigt att använda en fullständig isolering, t. ex. medelst glas eller porslin. Om ledningen har tillräcklig tvärskärning och utan afbrott går ända till den fuktiga marken, hvarifrån elektriciteten kan vidare utbreda sig, skall denna alltid föredraga den kortare och mindre motstånd görande vägen och ej råka i frestelse att taga några sidovägar. I stället för att nedlägga kostnader på dyrbara isoleringsinrättningar bör man hellre öka ledningens tvärskärning; man vinner dermed mera. I ledande förbindelse med den egentliga åskledaren bör man, så vidt möjligt, sätta de delar af huset, hvilka genom sitt material eller sin form skulle kunna draga blixten till sig. Huru en sådan förening kan ske, synes af fig. 334, hvilken tillika visar jordledningens utgrening i det fuktiga jordschaktet vid *B* och till brunnen *E*.

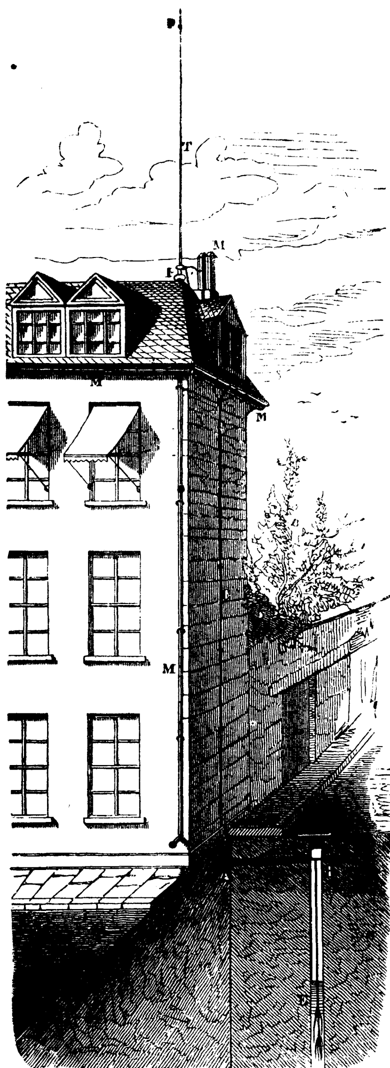


Fig. 334. Biledningars anbringande.

Åskledarens försänkning i marken är äfven en sak af stor vigt. Enligt den ofvan utvecklade teorin måste hela inrättningens verksamhet bero derpå, att elektricitet hastigt kan upptagas ur jorden och föras genom ledningen till stången och spetsen, så att hon härifrån kan utströmma och neutralisera den atmosferiska elektriciteten. Dessutom bör åskledaren, för den händelse blixten skulle slå ned vid den samma, hastigt föra elektriciteten från ledningen till jorden. Men i båda fallen måste ledningens ända ligga i fuktig mark, ty de otaliga fina vattenådror, som genomkorsa de öfre jordlagren, äro lika många ledande grenar, i hvilka blixtstrålen fördelas eller den neutraliserande elektriciteten framföres. Afbrötes ledningen plötsligt i torr, sandig mark, skulle åskledaren kunna blifva farlig för bygnaden, och det vore då bättre, att han alls icke funnes. Äfven i fuktig jord bör afledningen framföras ett stycke för att gifva så många beröringspunkter som möjligt mellan jorden och ledaren. Ändamåls-

enligast är dock att, såsom fig. 334 visar, vid *E* grena ledaren eller förena honom med en metallskifva, emedan jordlagrens vida större motstånd blott kan öfvervinnas derigenom, att man gör de ledande lagrens tvärskärning i samma mån större.

Vid restaurationen af münstern i Freiburg fann man vid åskledaren talrika spår af elektriska urladdningar, men alla hade gått till framskjutande metalldelar och endast gjort föga skada. Den nya åskledaren utgår från den till vindfana tjenande metallstjernan och utgöres af en utaf sex omkring $^2/_3$ linie tjocka koppartrådar sammansatt trådlina, hvilken föres till jorden och hvarmed alla domens metallmassor äro genom gröfre koppartrådar förenade.

Åskledarens skydd blir verksamt endast under förutsättning, att anordningen är gjord med omsorgsfullt iakttagande af ofvan anförda regler. Så t. ex. slog åskan den 15 maj 1777 ned i ett krutmagasin i Purfleet och förorsakade en explosion. Åskledaren, hvars stång hade en höjd af 10 fot öfver bygnaden, lemnade ej skydd öfver hela denna utsträckning, utan blixten träffade ett framskjutande jernstycke på omkring 50 fots afstånd från stången. Vid en bygnad i Heckingham nära Norwich slog åskan ned den 17 juni 1793, oaktadt der funnos åtta åskledarstänger, men den närmaste var på omkring 44 fots afstånd. Utan tvifvel voro i dessa fall åskledarens skyddsradier beräknade allt för stora.

Den franska vetenskapsakademin har nedsatt flera komiteer, i hvilka åtskilliga af århundradets förnämsta vetenskapsmän suttit, för att behandla frågan om åskledarens lämpligaste konstruktion. De ha kommit till det resultat, att en åskledare med tillspetsad öfre stång förmår kraftigt skydda på en radie lika med stångens dubbla höjd. Om bygnadens beskaffenhet hindrar anbringandet af en stång på den plats, som hon efter denna regel borde hafva, kan man sätta de mest framskjutande delarna af taket i ledande förening med hvarandra och sedan med jorden. Vindfanor, stänger, som uppbära stjernan eller kulan på torn, kunna, så framt de ej skjuta för långt in i det inre bjelklaget och komma för nära intill klockorna, omedelbart användas i stället för de öfre åskledarstängerna. Gas- och vattenledningsrör erbjuda en förträfflig ledning derigenom, att de stå i förbindelse med stora, i jorden liggande metallmassor. När en bygnad står på ett berg eller på en högslätt, aflägset från alla sådana ställen, som äro synnerligt egnade att draga blixten till sig, måste han tydligen fordra större skydd, än om han stode i en djup skogbevuxen dal. Utförandet af ett åskledningsarbete bör endast anförtros åt erfarna, med de fysiska lagarna för apparatens verkan fullt förtrogna tekniker.

Vidden af det gagn, Franklins uppfinning gjort, kunna vi visserligen ej uttrycka i siffror, men om vi betänka, att vår tid allt mer utrotar skogarna, dessa naturliga dammar mot åskans raseri, måste vi betrakta det faktiska aftagandet af olyckshändelser genom åskslag som ett framsteg, för hvilket vi ha att tacka den store amerikanen, och obetingadt medgifva honom den sköna ära, som innefattas i dessa d'Alemberts helsningsord:

Eripuit coelo fulmen sceptrumque tyrannis.

(Blixten han ryckte från himmelen ned och spiran från våldet).



Galvanismen, det elektriska ljuset och galvanoplastiken.

Galvani och grodorna. — Framkallande af elektricitet genom beröring. — Den galvaniska strömmen. — Voltas element och stapel. — Olika former för den samma. — Zambonis torra stapel. — Tråg- och bägarapparaten. — Konstanta batterier. — Bunsens stapel. — Den galvaniska strömmens verkningar. — Motståndet vid elektricitetens ledning. — Värmeeffekter och deras användning. — Kemiska verkningar. — Elektrolys. — Vattnets sönderdelning, upptäckt af Humphrey Davy. — Galvanoplastiken och galvanisk förgyllning.

Om grodorna hafva en tidräkning, måste de anse året 1790 som en vändpunkt i sin tillvaro, och med det öde, hvaråt de sedan detta år äro hemfallna, vore det ej underligt, om de derifrån räknade begynnelsen till en jernålder.

Grodan är sedan 1790 en fysikalisk apparat. Hennes lif tillhör ej mera naturen, det är hemfallet åt vetenskapen. Döden sjelf har förlorat sin makt gent emot denna nya egare. Fastän hon fått hufvudet afskuret, huden afdragen, musklerna åtskilda, ryggraden genomstungen o. s. v., får hon dock ännu ej gå till hvila: på fysikerns befallning måste hennes nerver ännu en gång röra sig, hennes muskler ännu en gång sammandraga sig, ända tills den sista droppen af lifsvätskan är uttorkad. Liksom pajazzon, måste hon hyckla munterhet och göra lustiga språng, om också hjertat är brustet. Och allt detta har Galvani, den berömde anatomie professorn i Bologna, på sitt samvete. Saken förhåller sig sålunda.

Den bologniske naturforskarens hustru var sjuk, och läkaren hade ordinerat en soppa på grodben. En dag lågo nu händelsevis några stycken för detta ändamål flådda grodor i professorns rum, då han jemte flera medhjelpare var syselsatt med elektriska försök för att utröna, om, såsom han trodde, elektriciteten på ett väsentligt sätt medverkar vid kroppens muskel- och nervfunktioner.

Vid dessa försök observerade man nu, att de döda grodorna råkade i egendomliga ryckningar, hvar gång man tog gnistor ur elektricitetsmaskinens konduktor. Galvani ansåg detta bero på den i luften befintliga elektricitetens inverkan på nerverna, och för att närmare undersöka detta upphängde han preparerade grodben i en krökt koppartråd på jernstaketet till sin balkong och sökte genom att svänga dem fram och tillbaka bringa dem i beröring med så mycket luft som möjligt. De förhöllo sig dock alldeles stilla; men då de stundom slogo mot jernstaketet, ryckte de för hvar gång häftigt till.

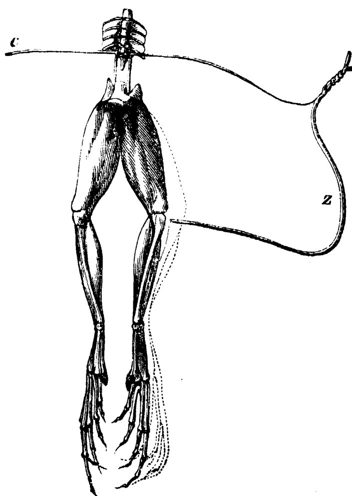


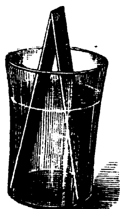
Fig. 336. Voltas försök.

Detta, jemte en mängd andra, ej mindre märkvärdiga fenomen, iakttagna under förnyade och på mångfaldigt sätt förändrade försök, hvilka Galvani noggrant beskref, väckte stort och rättvist uppseende. Galvani trodde, att ett särskildt, elektriciteten liknande fluidum, hvilket efter honom kallades galvaniskt fluidum, genom den metalliska ledningen öfverfördes från nerverna till musklerna och att kroppen, hvilken efter denna teori skulle förhålla sig som en laddad leidenflaska, genom urladdningen försattes i ryckningar. En stor del af den lärda verlden fasthöll ganska länge vid denna förklaring, ehuru hon snart vederlades af de utmärkta undersökningar, som anstäldes af Alessandro Volta, professor i Pisa, hvilken framstälde en ny och vida bättre teori till förklaring af samma fenomen.

Den elektriska strömmen, galvanismen. Volta hade insett, att det väsentliga i Galvanis försök vore, att den metalliska ledningen måste bestå af olika metaller, som bringas i beröring med hvarandra, och läsaren kan sjelf öfvertyga sig härom, om han, på sätt fig. 336 visar, hoplöder eller hopvrider en koppartråd *c* med en zinktråd *z* och med den ena tråden berör lårnerverna, som blifvit blottade genom afskiljande af den nedersta ryggkotan, medan den andra berör grodans lårmuskel. Vid hvarje beröring, äfvensom vid hvarje afbrott i den samma, skall muskeln råka i ryckningar, och denna känslighet fortfar ännu temligen länge efter djurets död. Volta visade, att genom beröringen mellan två olika ledare elektricitet fortfarande utvecklas, och antog,

att det neutrala elektriska fluidet sönderdelas vid beröringsstället, då den positiva elektriciteten strömmar till den ena, den negativa till den andra metallen. Då denna elektricitetsutveckling och strömning sker utan afbrott, kallas hela processen galvanisk ström. Detta slags elektricitet skiljer sig endast till sättet för sin uppkomst från friktionselektriciteten, men eger för öfrigt samma egenskaper som denna. Efter hennes upptäckare kallar man henne galvanism eller voltaism. För att framkalla en elektrisk ström fordras utom de båda olika metallerna äfven en fuktig ledare, hvilken står i beröring med dem båda; denna är nödvändig, och sannolikt åtskiljas ej elektriciteterna på det ställe, der metallerna beröra hvarandra, utan på beröringsytan mellan dem och vätskan.

Elektromotorisk kraft. Den kraft, som vid beröringsstället åtskiljer elektriciteterna, har man kallat elektromotorisk kraft, utan att man dock kan anses fullständigt känna hennes natur. Det torde dock kunna anses sannolikt, att, liksom vid elektricitetsmaskinen det värme, som genom det mekaniska arbetet frambringas, förvandlas i elektricitet, förhållandet är enahanda med det vid de kemiska processerna frigjorda värmet. Ty de kemiska processerna spela en så betydande rol vid framkallandet af beröringselektricitet, att vi anse dem som ett allmänt och nödvändigt vilkor och att vid de tillfällen, då det ej lyckas oss direkt observera dem, detta endast beror på ofullkomligheten af våra observationsmedel.


Fig. 337. Elektricitetsutveckling genom beröring.

Begreppet elektrisk ström innebär redan i och för sig, att de hvarandra berörande kropparna måste vara ledare. I synnerhet visa sig metallerna såsom de i detta fall mest lämpliga. Men den elektricitetsalstrande, den elektromotoriska kraften är ej lika stor hos alla; de visa fast mer ett ganska olika förhållande i afseende på den alstrade elektricitetens både qvalitet och qvantitet. Medan kopparn, bragt i beröring med zink, blir negativt elektrisk och zinken positivt, blir han, satt i beröring med guld, positivt och guldet negativt elektriskt; men fastän han sålunda förhåller sig olika mot olika metaller, förhåller han sig dock alltid lika mot en och samma metall. Flera af ledarna kunna uppställas i en kedja så, att hvar och en af dem blir negativt elektrisk, då han kommer i beröring med den föregående, men positivt, då han berör en efterföljande. Denna kedja kallas den elektriska spänningskedjan, och de hufvudsakliga elementen följa deri på hvarandra i denna ordning: zink, bly, tenn, jern, koppar, silfver, guld, platina, kol. Ju längre afståndet är mellan två kroppar i denna kedja, desto starkare är den emellan dem verkande elektromotoriska kraften.

Galvaniskt element. Det enklaste sättet att framkalla en galvanisk ström är medelst ett så kalladt element. Ett sådant består endast af två metallstycken, hvilka vid den ena ändan beröra hvarandra samt vid den andra

äro förenade medelst en vätska. I fig. 337 har man t. ex. stält två i öfre kanten hoplödda metallplattor, den ena af zink, den andra af koppar, i en saltlösning. Den elektromotoriska kraften åtskiljer vid beröringsytorna mellan metallerna och vätskan elektriciteterna: den positiva samlar sig på kopparn, den negativa på zinken; vid beröringsstället förena de sig med hvarandra. I samma mån, som föreningen eger rum, utvecklar sig åter elektricitet i vätskan och strömmar på samma sätt till beröringsstället. Man har öfverenskommit att angifva den elektriska strömmens riktning efter den positiva strömmens; man säger alltså här, att strömmen rör sig inom vätskan från zinken till kopparn, men utom henne tvärtom.

Det är tydligt, att den elektriska strömmen skall ega rum på samma sätt, äfven om zinken och kopparn ej stå i omedelbar beröring med hvarandra, utan äro förenade medelst en annan ledare, så som fig. 338 visar, der en metalltråd förenar de båda plattorna *a* och *b*. Den omständigheten, att strömmens styrka beror på de i vätskan nedsänkta metallytornas storlek, ger hufvudsakligt stöd åt den kemiska teorin för strömalstringen. Fysikerna öfvergifva nu allt mera den äldre kontaktteorin, enligt hvilken elektriciteten, så att säga, skulle uppstå af ingenting. Det bör dock anmärkas, att då man utgår från den af Edlund uppstälda teorin för elektricitetens uppkomst, som förut blifvit anförd, intet hinder finnes att antaga elektricitetsutvecklingen härröra af kropparnas beröring.

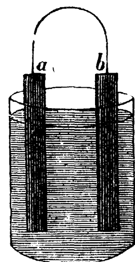


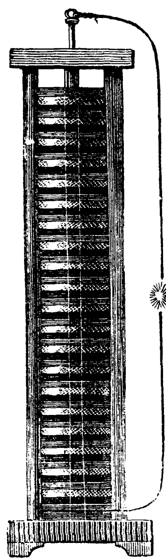
Fig. 338. Galvaniskt element.

Voltas stapel. Liksom man i det elektriska batteriet hopsummerar verkningarna af flera leidenflaskor, kan man genom att förena en mängd element med hvarandra öka den elektriska strömmens styrka, hvilket också alltid sker vid de tillfällen, då för ett eller annat ändamål galvanisk elektricitet utvecklas. Volta, den nya lärans skapare, har förverkligat denna sin tanke, då han 1800 uppfann den efter honom uppkallade stapeln. Denna består, såsom fig. 339 visar, af vexelvis på hvarandra lagda plattor af zink och koppar, hvilka parvis äro skilda från hvarandra genom mellanlagda, lika stora och med saltlösning indränkta filtlappar. Dessa fuktiga filtlappar kunna mycket väl ersättas af klädes- eller läskpappersbitar och göra samma tjenst som vätskan i fig. 337 och 338. På vår teckning antydas dessa mellanläggsskifvor genom de punkterade lagren, medan de svarta plattorna beteckna kopparn och de ljusare zinken. Börjar stapeln nedtill med en platta af koppar, slutar han upptill med en dylik af zink. Namnet stapel härrör af den form, Volta gaf apparaten; denna form är dock oväsentlig, ty vi skola snart lära känna en hel mängd andra anordningar af den samma, hvilka till och med ofta kunna gifva bättre effekt.

Voltas stapel måste uppställas isolerad, d. v. s. utan förbindelse med marken. Detta ernås derigenom, att man ställer honom på glasfötter och förfärdigar de pelare, mellan hvilka plattorna uppstaplas, af glas eller åtminstone af väl lackerade trästafvar.

Undersöker man nu stapelns elektriska tillstånd, finner man, att han i midten förhåller sig alldeles neutral, men att den elektriska spänningen växer mot ändarna och är störst vid polplattorna. Vid den ända, mot hvilken zinkplattorna äro riktade, finner man den positiva och vid den andra den negativa elektriciteten samlad. Stapelns ändar kallas derför poler, den ena den positiva, den andra den negativa. Elektricitetens spänning växer med plattparens eller elektrodernas antal, den alstrade elektricitetens mängd med storleken af de hvarandra berörande plattorna.

Så länge stapelns poler äro skilda från hvarandra, framträda inga verkningar. Men så snart de förenas, t. ex. genom en metalltråd, börjar genast stapelns verksamhet, och man iakttager härvid så väl fysikaliska som kemiska och fysiologiska fenomen.


Fig. 339. Voltas stapel.

Men innan vi öfvergå till beskrifningen af dessa, vilja vi först redogöra för de förändringar, Voltas stapel småningom undergått, i synnerhet som detta ämne är af stor vigt för telegrafin, galvanoplastiken m. m.

Zambonis stapel är inrättad i öfverensstämmelse med Voltas, endast med den skilnaden, att han ej består af massiva metallplattor, utan af guld- och silfverpapper, hvaraf två och två blad läggas med metallsidorna emot hvarandra. Papperet, hvilket alltid uppsuger någon fuktighet ur luften, ersätter här den fuktiga ledaren. Naturligtvis erhållas inga starka verkningar med en sådan stapel; han kan dock i flera fall med fördel användas (elektriskt perpetuum mobile, elektrometer m. m.), emedan man med lätthet kan låta elementen uppgå till flera tusen och elektricitetsutvecklingen, fastän långsam i följd af den dåliga ledningen, ganska länge fortfar. Af någon synnerlig praktisk betydelse är dock denna så kallade torra stapel icke.

Den största olägenhet, som vidlåder Voltas stapel, är, att hans verkan, fastän i början ganska stark, temligen snart aftager och inom kort är nästan ingen. Detta beror på den kemiska sönderdelning, som eger rum inom stapeln. Den elektriska strömmen föranleder nämligen en sönderdelning af vattnet i den fuktiga ledaren i dess beståndsdelar syre och väte; syret går till zinken och förenar sig dermed till zinkoxid, hvilken upplöses af svafvelsyran, medan vätet går till kopparn och i form af små blåsor bekläder hela dess yta, derigenom förhindrande kopparns direkta beröring med vätskan och följaktligen minskande elektricitetsutvecklingen. Då stapeln har den form, som fig. 339 utvisar, är det besvärligt att rengöra plåtarna, emedan i sådant fall hela stapeln måste tagas sönder. Detta är dock ej den enda olägenhet, som åtföljer nyss nämda anordning; på grund af de öfverliggande plåtparens tryck utpressas vätskan ur de nedre filtlapparna och åstadkommer en för strömmens styrka menlig direkt ledning mellan de olika plåtparen. För att afhjelpa dessa brister har man stält de

olika elementen i en aflång rektangulär låda och fylt de på detta sätt uppkomna cellerna med en ledande vätska. Detta är den så kallade *trågapparaten* (fig. 340), hvilken ytterligare förändrats derigenom, att cellerna utbytts mot fristående kärl, i hvilket fall elementen förenas med hvarandra på det sätt, fig. 341 utvisar (*bägarapparaten*). Vid dessa anordningar har man den fördelen att lätt kunna uttaga hvarje särskildt element. En dylik kombination af flera element kallas ett *galvaniskt batteri*, och man ändrar ingenting i apparatens princip, om man för elektricitetsutvecklingen i stället för zink och koppar använder andra metaller, t. ex. zink och silfver, silfver och platina o. s. v. Ett af de kraftigaste batterierna konstruerades på Napoleon den förstes befallning för polytekniska skolan i Paris. Engelsmännens nationalstolthet tillät dem dock ej att låta sig öfverglänsas af fransmännen i något, och en subskription öppnades för att förse den berömde kemisten Davys laboratorium med ett stort Wollastons batteri. Det är afbildadt i fig. 342 och består, såsom teckningen visar, af en trågapparat, innehållande 200 element. Att med någon af dessa apparater erhålla en konstant ström är dock omöjligt i följd af de vätgasblåsor, som snart afsätta sig på metallens yta.

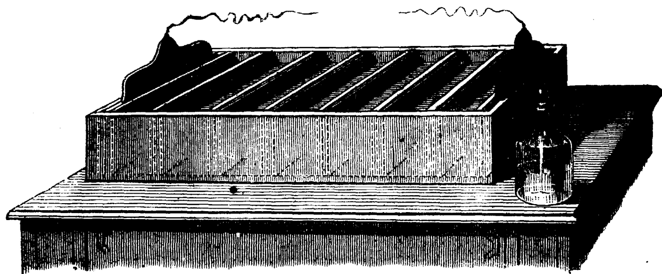


Fig. 340. Trågapparaten.

Vid de **konstanta batterierna** söker man undvika denna olägenhet derigenom, att man anordnar den kemiska sönderdelningen så, att ingen skadlig gas utvecklas, utan alla produkterna stanna i lösningen och vätskan så mycket som möjligt innehåller samma sammansättning och koncentrationsgrad. Detta mål kan dock aldrig fullständigt uppnås, emedan elektriciteten ej erhålles för intet, utan man för dess erhållande måste uppoffra den ena metallen, hvilken anfrätes och småningom löses i vätskan. Tillnärmelsevis ernås dock detta resultat derigenom, att den negativa metallen sättes i en annan vätska än den positiva, hvarvid vätskorna åtskiljas genom en porös skiljevägg, så att de alltid stå i beröring med hvarandra och ledningen sålunda ingenstädes är afbruten. Till positiv metall användes nästan

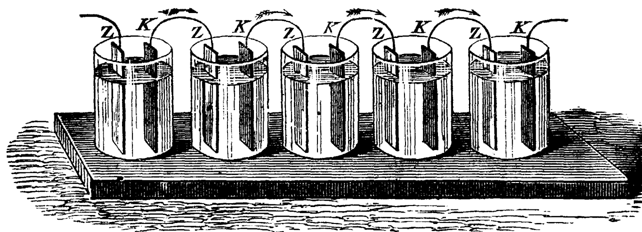


Fig. 341. Bägarapparaten.

alltid zink, hvilken nedsänkes i utspädd svafvelsyra, till negativ metall deremot i Daniells batteri koppar, nedsänkt i en koncentrerad kopparvitriolslösning, i Groves platina i koncentrerad salpetersyra, i Bunsens slutligen kol, likaledes i koncentrerad svafvelsyra. För att hindra svafvelsyrans direkta inverkan på zinken amalgameras han på ytan med qvicksilfver.

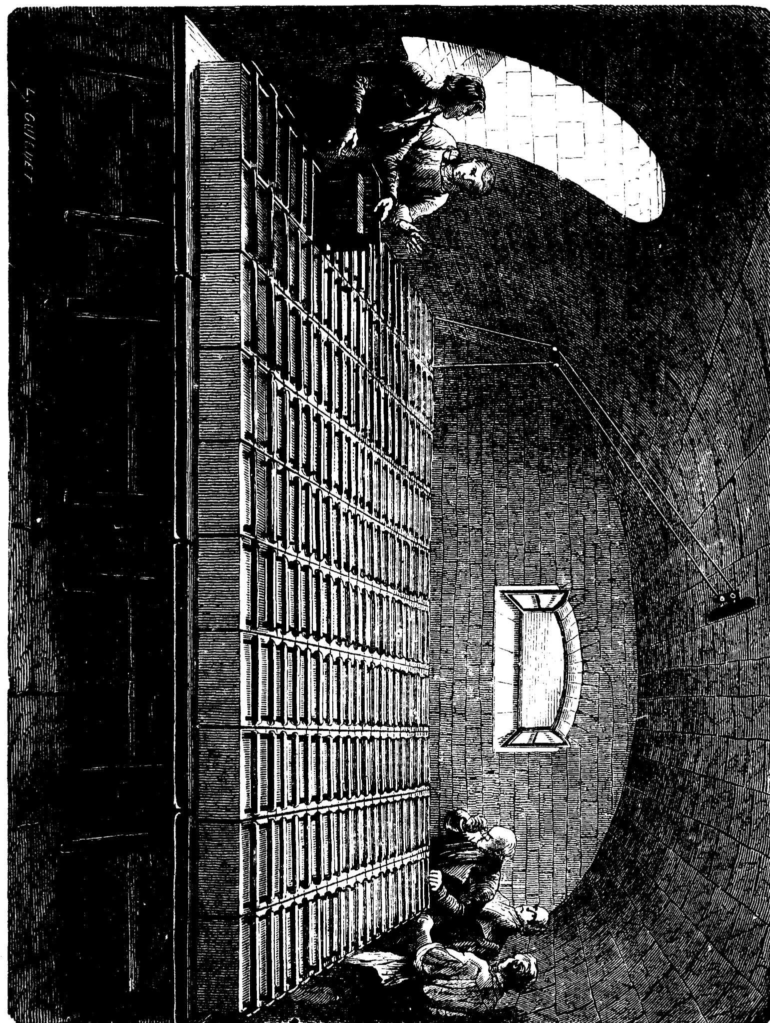


Fig. 342. Davys stora trågapparat.

Vi skola som exempel visa anordningen af det sistnämda, Bunsens batteri, hvilket är det för praktiska ändamål mest använda. Hvarje element i detta batteri består af fyra delar: 1) ett kärl *A* af glas eller porslin, som tjenar till att upptaga de öfriga delarna; 2) en ihålig, uppskuren cylinder *B*, böjd af stark zinkplåt och vid hvilken en kopparremsa blifvit fastlödd; 3) en

porös lercylinder *C*, endast öppen upptill, och 4) en massiv kolcylinder *D*, upptill försedd med en skruf, medelst hvilken den från zinken kommande kopparremsan kan sättas i ledande förbindelse med kolet. Diametrarna på dessa delar aftaga i samma ordning, som de blifvit uppräknade, emedan de vid elementets hopsättning skola ställas den ena inuti den andra. Först kommer zinkcylindern, hvilken i sig upptager lercylindern, hvari slutligen kolcylindern ställes. Mellanrummet, hvari zinken står, fylles med utspädd svafvelsyra, medan lercylindern fylles med koncentrerad salpetersyra.

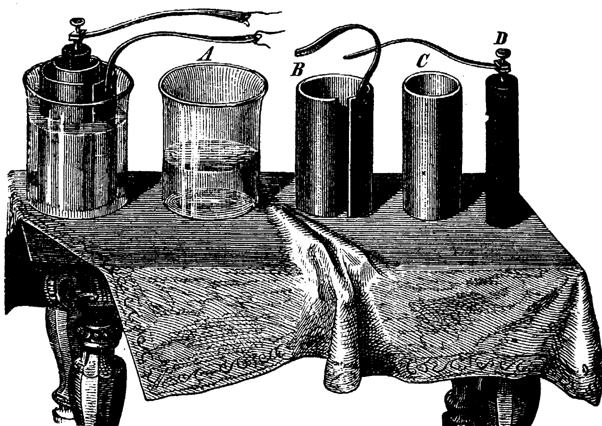
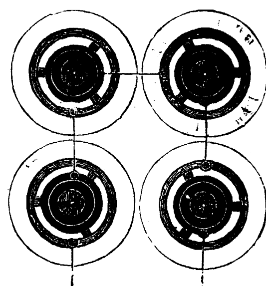


Fig. 343. Bunsens element.

Vanligt träkol kan ej användas till kolcylindrarna, emedan det är för poröst och för litet ledande. I stället användas de hårdaste kåksarter, hvilka afsätta sig i gasretorterna; kåksen pulveriseras och blandas med stenkolspulver och sirap, tills en fast deg erhålles; massan formas till cylindrar, hvilka sedan brännas så hårdt, att de klinga för slag. Stundom gör man kolcylindrarna ihåliga och fyller dem med sönderstött kåks eller sand, som indränkes med salpetersyra; i billiga batterier kan kolcylindern ersättas derigenom, att man fyller lercylindern *C* med kåksbitar eller kåkspulver och sedan påfyller syra.

Lercylindern har, för att hindra beröringen med zinken, flera utsprång af glas, hvilka tydligare framträda i planritningen, fig. 344. Denna visar, huru flera element förenas till ett batteri. Zinken i det första elementet är satt i ledande förbindelse med kolet i det andra, zinken i detta med kolet i det tredje o. s. v., så att slutligen det första elementets kolcylinder måste sättas i ledande förbindelse med det sista elementets zinkcylinder, då kedjan skall slutas.


Fig. 344. Bunsens batteri.

Den galvaniska strömmens verkningar äro, om också ej i qvalitativt, åtminstone i qvantitativt hänseende betydligt olika den vanliga elektriska gnistans. Hvad de fysikaliska fenomenen angår, intaga bland dem ljus- och värmeföreteelserna främsta rummet, medan deremot attraktion och repulsion vid ett galvaniskt batteri, på grund af elektricitetens jemförelsevis ringa spänning, äro föga märkbara.

I instrumentmakares butikfönster ser man stundom ett så kalladt elektriskt perpetuum mobile uppstäldt. Det grundar sig på den attraktion, som polerna till två Zambonis staplar utöfva på en kring sin tyngdpunkt svängande pendel. Staplarna äro stälda så, att på den ena den positiva, på den andra den negativa polen är vänd uppåt. Pendeln är upphängd mellan båda och träffar, då han gör utslag, med sin ändkula stapelns pol. Kulan laddar sig för hvarje gång med elektricitet, bortstötes af den liknämniga polen, men attraheras så mycket starkare af den motsatta, tills hon här blifvit mättad med motsatt elektricitet och åter bortstötes, hvarigenom en fortsatt oscillerande rörelse åstadkommes. Apparaten kan anordnas på många sätt; fig. 345 visar ett sådant. Efter någon tid upphör apparatens verkan.

Om den galvaniska strömmens rörelse och motstånd gäller alldeles det samma, som blifvit sagdt om den elektriska gnistan. Ju tjockare tråden är, desto lättare sker ledningen; fina trådar upphettas betydligt vid starka strömmars genomgång och kunna smältas på samma sätt, som det skedde medelst gnistan från ett elektriskt batteri. Vid sprängningar begagnar man sig ofta af ett galvaniskt batteri för antändning af laddningen, emedan man med ett sådant bättre kan kontrollera experimentet, än fallet var vid det af leidenflaskor sammansatta elektriska batteriet. Ledningstråden får gå genom alla borrhålen, och öfver allt, der han passerar genom en sprängsats, består han af ett tunnare stycke, hvilket af den galvaniska strömmen blir glödande. Då upphettningen sker utefter trådens hela längd på en gång, explodera alla sprängskotten samtidigt.

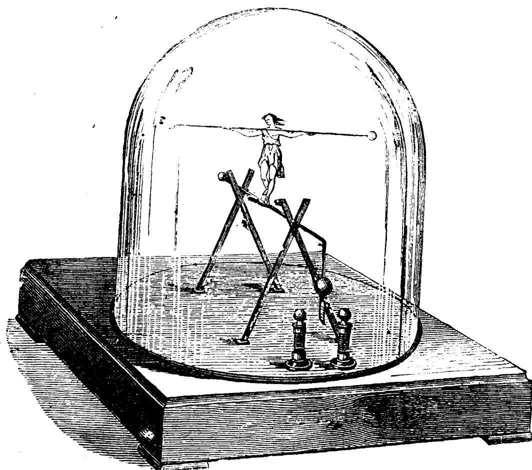


Fig. 345. Perpetuum mobile med Zambonis staplar.

Inom kirurgin begagnar man sig af fina trådars upphettning medelst en galvanisk ström för att bränna bort köttdelar. Man lägger, innan någon ström passerar, tråden omkring den del, som skall opereras. Derefter slutes kedjan och trådsnaran tillsnöres, eller också skär man med den glödande tråden på samma sätt, som tvålkokaren skär tvål med en ståltråd.

För att kunna sätta de båda polerna till ett batteri i förbindelse med hvarandra, så att ledningen när som helst beqvämt kan afbrytas, har man konstruerat den så kallade afbrytaren. I sin enklaste form består han af två qvicksilfversskålar, som lätt kunna förenas medelst en metallbygel, hvilken ögonblickligt kan borttagas eller ditsättas.

Det elektriska ljuset. Medan den elektriska gnistan endast framkallar en ögonblicklig ljuseffekt eller åtminstone, såsom vid leidenflaskan, en hastigt aftagande, karakteriseras den galvaniska strömmens ljusfenomen deremot genom sitt fortfarande under längre tidsmoment, hvarigenom det blifvit möjligt att använda dem för praktiska behof. För att framkalla ett någorlunda starkt ljus behöfves dock en ganska stark stapel, och de båda poltrådarna måste till en början bringas mycket nära hvarandra. Sedan strålningen af gnistor börjat, kan man så småningom öka afståndet mellan poltrådarna.

Humphrey Davy var den förste, som med tillhjelp af sitt af 200 kraftiga par zink- och kopparplåtar bestående batteri framkallade de första nämnvärda elektriska ljuseffekter, i det han lät stapelns poltrådar sluta i två kolspetsar. Närmade man dessa till hvarandra, gick strömmen öfver, och då kolspetsarna småningom aflägsnades från hvarandra, antog ljusskenet formen af en uppåt böjd båge, hvilken först försvann, då afståndet uppgick till 16 tum. Ljuslågans färg var bländande hvit med en blåaktig kant.

Det elektriska ljuset är särdeles rikt på kemiskt verkande strålar. Genom jemförelse har man funnit, att med 48 kol-zinkelement kan åstadkommas en ljusstyrka, motsvarande den, som utvecklas af 572 vaxljus. Det elektriska ljusets styrka, jemte lättheten att nästan ögonblickligt framkalla det eller låta det försvinna, ledde snart till försök att praktiskt använda det.

I början af fyrtiotalet gjorde Deleuil i Paris försök att använda det elektriska ljuset för gatbelysningen. Han upplyste medelst 98 zink-kolelement en paviljong i ett hus vid Pont neuf. Experimentet gjorde ofantligt uppseende. Man tänkte bilda ett "gatlysningsbolag", och Acheraus belysning af Place de la concorde 1844 hade vunnit parisarnas sympatier för detta företag.

I Petersburg gjordes likaledes 1849 försök af Achereau och Jacobi med ett batteri, bestående af 185 zink-kolelement, hvartdera med 136 qvadrattums yta. Batteriet stod på nedre bottnen, och ledningstrådarna gingo till lysapparaten, som befann sig öfverst i Amiralitetstornet, och härifrån upplyste man den 8 december under den stjernklara natten de snörrätt från tornet utgående gatorna Newskyprospekt, Garochowojgatan och Wosnesenskyprospekt. På 100 stegs afstånd var ljusstyrkan 25, men vid 300 till 400 stegs afstånd endast 2 gånger större än vid vanlig gasbelysning. I detta ljusstyrkans hastiga aftagande ligger hufvudorsaken till en enda ljuskällas oanvändbarhet till belysningen af gator och torg. Att begagna en mängd elektriska lyktor skulle blifva för dyrt, emedan sannolikt ett särskildt batteri måste användas för hvar och en.

Fastän utsigterna för det elektriska ljusets användning för gatbelysningen betydligt minskats och ett försök att medelst elektriskt ljus upplysa deputerade kammaren i Bruxelles ej lemnade något gynsamt resultat, så att det ej heller visat sig lämpligt för bygnaders upplysning, ges det dock en hel mängd tillfällen, då det kan med fördel användas.

De mest glänsande delarna af Paris uppstodo under Napoleon III, liksom genom ett trollslag, ur ruinerna af nedrifna ruckel. Utan afbrott

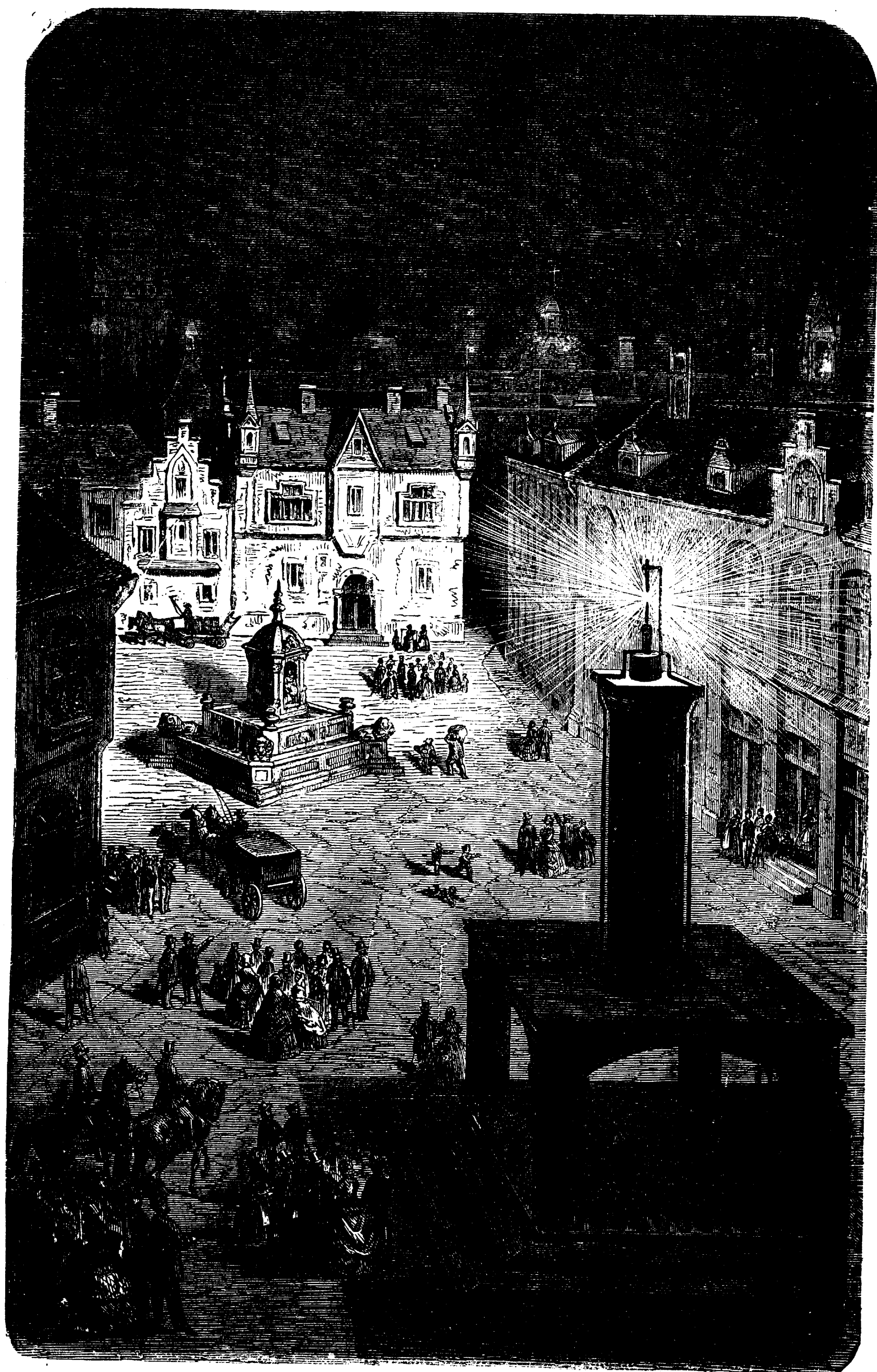


Fig. 346. Elektrisk belysning.

fortgick arbetet. Dagen hade tjugufyra arbetstimmar: under den ena hälften lyste solen, under den andra det elektriska ljuset. Westminsterbron i London, Rheinbron vid Kehl, industripalatset af år 1862 och en mängd andra stora bygnader uppfördes vid elektriskt ljus, och jättearbetena i Paris för utställningen 1867 skedde likaledes med dess tillhjelp. Man använder det på fyrbåkar för signalering, såsom vid fyren på Southforeland ej långt från Dover, och då dess underhåll ej fordrar något syre, utgör det ett förträffligt medel att belysa hafsbottnen för dykaren eller framlocka fiskar. Läkaren kan äfven vid operationer i svalget eller dylika ställen använda det elektriska ljuset för att inifrån upplysa den sjuka kroppsdelen. Dessutom kommer det alltid att spela en betydlig rol inom teatermekaniken, der i synnerhet Meyerbeer flitigt användt det.

Fastän framkallande af elektriskt ljus vid första påseende synes mycket enkelt, äro dock dermed förknippade svårigheter, som man ännu ej lyckats fullkomligt undanrödja. Det vackraste ljuset erhålles, såsom förut är nämdt, om man låter poltrådarna sluta med stafvar af hårdt kol, sådant det användes till de bunsenska kolcylindrarna. Man har äfven ledt strömmen i en nedfallande qvicksilfversstråle och velat begagna det dervid utvecklade bländande ljusskenet; man har dock måst öfvergifva denna metod, emedan de qvicksilfversångor, som dervid utvecklas, göra honom ganska farlig. Kolspetsarna deremot ha den olägenheten, att de på grund af den starka värmeutvecklingen småningom förbrinna, så att afståndet mellan dem allt mera ökas samt slutligen blir så stort, att strömmen afbrytes, då naturligtvis ljuset slocknar.

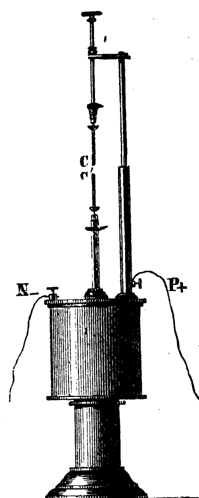


Fig. 347. Elektrisk lampa.

För att undvika detta har man konstruerat en mängd apparater, hvilka verka som regulatorer och hålla kolspetsarna på bestämdt afstånd ifrån hvarandra samt till och med närma dem till hvarandra, då strömstyrkan aftager och ljusets intensitet i följd deraf minskas. I synnerhet har den af Serin konstruerade lampan visat sig praktisk, särdeles vid fyrar, då hon arbetar ganska jemnt och är solid; apparaten är dock mycket dyr och komplicerad. Fig. 347 visar en elektrisk lampa, konstruerad af Foucault och Dubosq, der strömmen äfvenledes sjelf reglerar afståndet mellan de båda kolspetsarna *C* och *C′*. Vid senaste verldsutställningen i Paris voro dylika apparater ofta flera timmar i verksamhet utan att behöfva tillsyn och utan att visa några synnerliga skiftningar i ljusstyrka, och under belägringen af Paris begagnades de i början nästan hvar natt för att belysa de tyska förpostställningarna.

Den galvaniska strömmens kemiska verkningar. Verkningar på menniskokroppens nerv- och muskelsystem, likartade med den elektriska gnistans, visar den galvaniska strömmen hufvudsakligen, då han öppnas och slutes, min-

dre deremot vid konstant ström. För att i detta hänseende framkalla några starkare verkningar behöfvas särskilda apparater. Vi kunna ej här närmare syselsätta oss härmed, utan skola i stället kasta en blick på den galvaniska strömmens kemiska verkningar.

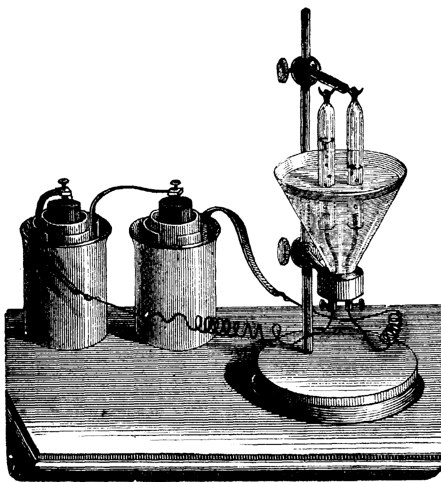


Fig. 348. Vattensönderdelning medelst den galvaniska strömmen.

I hvarje sammansatt kemisk förening ega beståndsdelarna olika elektriska egenskaper, på grund hvaraf de skulle intaga olika rum i den elektriska spänningskedjan. Vatten till exempel består af syre och väte, af hvilka syret är negativt i förhållande till vätet och detta positivt i förhållande till syret. Nedsänkas båda poltrådarna (elektroderna) till en tillräckligt stark stapel i vatten, så att strömmen kan gå öfver från den ena polen till den andra, börjar, såsom vi redan sett vid Voltas stapel, en sönderdelning af vattnet, så att syret, vattnets elektronegativa beståndsdel, går till den positiva polen eller anoden, medan det elektropositiva vätet går till den negativa polen eller katoden. Båda gaserna utvecklas i form af små blåsor vid polspetsarna, der de kunna uppsamlas (fig. 348). Man erhåller dervid dubbelt så mycket väte som syre, emedan det är i detta förhållande gaserna i vattnet äro förenade med hvarandra.

Att vattnet kunde sönderdelas, fann man redan 1800; år 1807 visade Humphrey Davy möjligheten att sönderdela alkalierna och de alkaliska jordarterna, hvilka man förut trott vara enkla kroppar, då de nu visades vara oxider, d. v. s. föreningar mellan en metall och syre. I potaska fann man metallen kalium, i soda natrium, och kalcium, magnesium, aluminium och silicium bevisades vara hufvudbeståndsdelarna i kalk-, talk-, lerjord och kisel. Det var genom dessa fakta, kemin först erhöll den fasta grundval, hvarpå hon sedan så hastigt utvecklat sig.

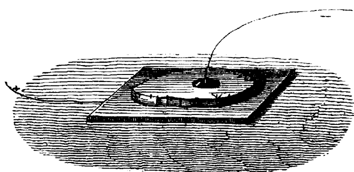


Fig. 349. Sönderdelning af alkalier.

De nämda kropparna äro metaller och stå vid den yttersta positiva ändan af den elektriska spänningskedjan. Syret är den mest negativa kroppen och afskiljes för den skull alltid vid den positiva polen, då deremot metallen i gediget tillstånd afsätter sig vid den negativa polen af ett tillräckligt starkt batteri. Då man afskiljer kalium, natrium och dylika metaller, kan man dock ej under vanliga förhållanden, såsom vid den atmosferiska luftens tillträde, bibehålla metallens gedigna tillstånd. Dessa metallers begär att förena sig med syre är

så stort, att de, så snart de frigöras, taga till sig syre ur luften och under ljusfenomen förena sig med det samma. Man finner derför ej heller dylika element i gediget tillstånd i naturen, och det var först sedan vetenskapen nått en hög grad af utveckling, som man lyckats framställa dem ur deras föreningar. Detta lyckades Davy, i det han förenade en platta af potaska (smält och vattenfri) med den positiva polen till ett starkt elektriskt batteri. Den negativa polen ledde han in i en med qvicksilfver fyld fördjupning i denna platta (fig. 349). Metallen kalium, som afskilde sig vid den negativa polen och vid de föregående försöken alltid förbrunnit, fann nu i qvicksilfret en kropp, hvarmed han kunde förena sig och som skyddade honom från luftens inverkan. Kaliumamalgam bildades, hvarur Davy sedan genom qvicksilfrets afdistillerande framstälde kalium.

Salter, d. v. s. mera sammansatta kemiska föreningar, i hvilka två kroppar, hvardera bestående af två med hvarandra förenade enkla kroppar, förenats till en ny, kunna på samma sätt sönderdelas, blott de kunna bringas i flytande form, så att de åstadkomma ledande förbindelse mellan polerna. Deras molekyler sönderfalla först i sina närmaste beståndsdelar, syra och bas, hvilka gå till motsvarande poler; sönderdelningen fortsättes dock vidare, så att de motsatta elementen afskiljas vid de båda elektroderna. Nedsänker man t. ex. poländarna till ett batteri i en lösning af svafvelsyrad kopparoxid, uppstiga vid den positiva polen små blåsor af syrgas, såsom den mest negativa kroppen, medan vid den negativa polen afsätter sig metallisk koppar, såsom den mest positiva kroppen. Svafvelsyran går till den negativa polen och upplöser här, om hon får tillfälle dertill; lika mycket metallisk koppar, som vid den negativa polen afsätter sig. Detta förhållande har vid det redan omnämda daniellska batteriet ledt till användning af en kopparvitriolslösning, hvari den negativa kopparplattan nedsänkes, hvarigenom man alltid bibehåller den i beröring med vätskan stående metallytan blank. Dessa aflagringar på den negativa polplattan kunna erhållas fasta och sammanhängande, men dock på samma gång så fina, att de återgifva hvarje upphöjning och fördjupning af polplattan. Den industrigren, för hvilken denna princip ligger till grund, benämnes

Galvanoplastiken. Den förste upptäckaren af grundfenomenet är Wach, hvilken 1830, då han konstruerade ett galvaniskt batteri, observerade kopparns aflagring. Man har velat påstå, att de gamla egypterna känt till denna konst, emedan man i deras grafvar funnit stora figurer, kärl m. m. förfärdigade af mycket tunt kopparbleck samt träsaker öfverdragna med ett tunt kopparlager, och trott, att framställningen häraf skett med tillhjelp af en galvanisk ström. Bevisen härför äro dock af så osäker art, att vi ej vid dem kunna fästa någon vigt, och det är sålunda säkerligen först från vårt århundrade, vi kunna datera denna uppfinning. Det är först då, hon framgått som en fullt följdriktig tillämpning af förut gjorda uppfinningar och i följd af en fullständigare kännedom af de dervid försiggående processerna uppnått en hög grad af fullkomlighet.

Sannolikt drifver naturen sjelf sedan millioner år galvanoplastik i den största skala. Detta antagande lemnar åtminstone den enklaste och naturenligaste förklaringen på förekomsten af lager af gedigna metaller, som förefinnas här och der, t. ex. förekomsten af koppar i lager af sedimentära bergarter vid Öfre sjön i Nordamerika. På samma sätt som den elektriska strömmen i kemistens laboratorium förmår utfälla kopparn ur hans lösningar, kan man äfven antaga, att han i årtusenden arbetat i naturens stora verkstad.



Fig. 350. Jacobi, galvanoplastikens uppfinnare.

Det är förnämligast två män, Jacobi i Petersburg och Spencer i Liverpool, hvilka, som det synes, samtidigt och utan att känna hvarandra, först föllo på och förverkligade tanken att låta den koppar, som utfälles vid den negativa polen, afsätta sig på bestämda formar. Det vill synas, som om Jacobi (1838) först kommit till ett gynsamt resultat; åtminstone anses han allmänt som uppfinnare af den praktiska metoden, och af den ryska regeringen erhöll han efter framställningen af sina första galvanoplastiska alster en belöning af 25 000 rubel.

De galvanoplastiska apparaterna äro ingenting annat än galvaniska kedjor, vanligen bestående af zink och koppar, hvilkas negativa pol är nedsänkt i en lösning af svafvelsyrad kopparoxid, den positiva deremot i utspädd svafvelsyra. De båda vätskorna äro skilda från hvarandra genom en porös vägg, djurblåsa eller lercell, såsom af fig. 351 synes.

Man kan med ringa kostnad sjelf förfärdiga en apparat af detta slag. I ett cylindriskt glaskärl, t. ex. en vanlig syltburk, inpassas en öppen träcylinder så, att öfver allt mellan glaset och cylindern är ett spelrum af minst 5 linier; i stället för botten är träcylindern nedtill sluten medelst ett stycke våt svin- eller oxblåsa, som är väl fastbundet vid den samma. Det yttre kärlet tjenar till att upptaga den negativa polen, den porösa cellen deremot den positiva; det förra fylles med kopparvitriolslösning, den senare med utspädd svafvelsyra (30—40 delar vatten på en del svafvelsyra); derpå nedhänger man träcylindern så, att vätskorna komma att stå ungefär lika högt i båda kärlen. Lägges nu i kopparvitriolslösningen en kopparplåt, hvarvid är fastlödd en koppar- eller messingsremsa, eller helt enkelt endast en koppartråd, för att

tjena till ledning, och i den utspädda svafvelsyran en zinkskifva, likaledes försedd med en ledning, och förenas slutligen de från de båda olika metallerna utgående ledningarna medelst en klämskruf, börjar apparaten verka. Kopparvitriolslösningen sönderdelas, och ett fint sammanhängande lager af ren koppar afsätter sig på den negativa plattan, med den största noggranhet återgifvande alla upphöjningar och fördjupningar, naturligtvis likväl så, att plattans upphöjningar motsvaras af fördjupningar i aftrycket och tvärtom.

Smees apparat (fig. 351) är anordnad på ungefär samma sätt, fastän något bättre utförd. Vi se här först och främst det yttre kärlet, som innehåller kopparvitriolslösningen; deruti är nedsänkt ett annat glaskärl, nedtill slutet genom en blåsa och fyldt med utspädd svafvelsyra. Trälocket är endast pålagdt för att hindra dam att nedfalla i kopparvitriolslösningen och fasthålla det inre kärlet. Zinkplåten är satt i ledande förbindelse med kopparplåten medelst ledningstrådar, som genom klämskrufvar äro förenade med hvarandra. Föremålet, hvaraf aftryck skall tagas, befinner sig på kopparplåten. Utgöres föremålet t. ex. af en graverad kopparplåt, återger aftrycket alla dess finaste linier upphöjda, och behandlar man på samma sätt det erhållna aftrycket, erhålles en så trogen kopia af den första plåten, att aftryck, erhållna af den förra, ej kunna skiljas från sådana af den senare. Såsom i afdelningen om de mångfaldigande konsterna på flera ställen blifvit visadt, användes detta förfaringssätt mycket ofta för att af en graverad kopparplåt, hvaraf på sin höjd 800 goda aftryck skulle kunna tagas, erhålla tusentals exemplar. I synnerhet begagnar man sig deraf, då man vill skona dyra graverade plåtar, såsom vid de stora karttryckerierna i Gotha och Weimar och anstalterna för tillverkning af värdepapper; dessutom begagnas samma metod vid hvarje större tryckeri, der man, i stället för att klichera trästockarna, tar galvanoplastiska afbildningar af dem, hvilka naturligtvis mycket bättre än en afgjutning i stilmassa återgifva de minsta detaljer.

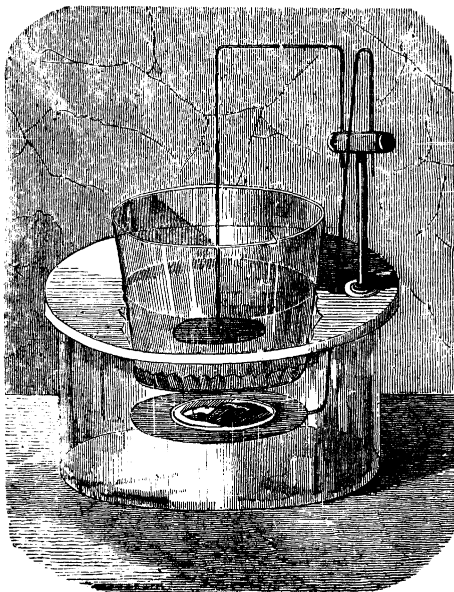


Fig. 351. Smees apparat.

En större apparat, som begagnas till att frambringa flera pjeser på en gång, med plåtar af ända till 11 qvadratfots yta, visar oss fig. 353.

Det är dock ingalunda ovilkorligt nödvändigt, att den vid den negativa polen befintliga formen, som skall öfverdragas med koppar, är af metall; det är tillräckligt, om hans yta är ledande.

Man kan derför till matriser använda trä, gips, svafvel, stearin, med ett ord hvarje ämne, som är tillräckligt plastiskt och ej angripes af kopparlösningen. Gipsformar t. ex. förstöras af denna lösning, om de ej genomdränkas med smält vax eller något dylikt. Murray var den förste, som (1840) påvisade möjligheten att begagna icke metalliska formar för galvanoplastiska ändamål. Ett utmärkt material har den äfven i så många andra hänseenden nyttiga guttaperkan visat sig vara. Uppmjukas hon i varmt vatten och pressas på originalet, återger hon dettas finaste detaljer noggrannare än snart sagdt hvilket annat ämne som helst. För att göra ytan ledande eger man flera medel. Man ingnider formen med fin slammad grafit eller metallbrons; gjutes formen af stearin, kan förstnämda pulver genast röras ibland den smälta massan. Vidare

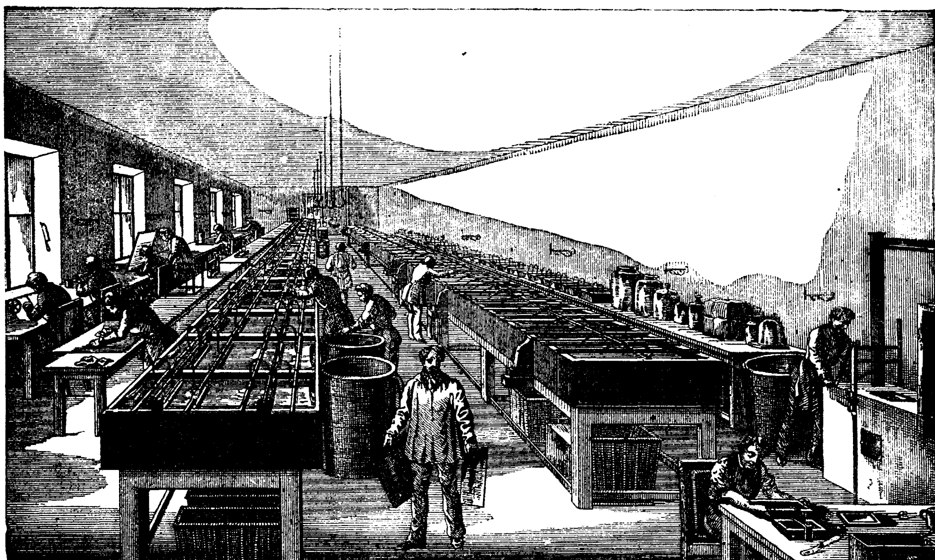


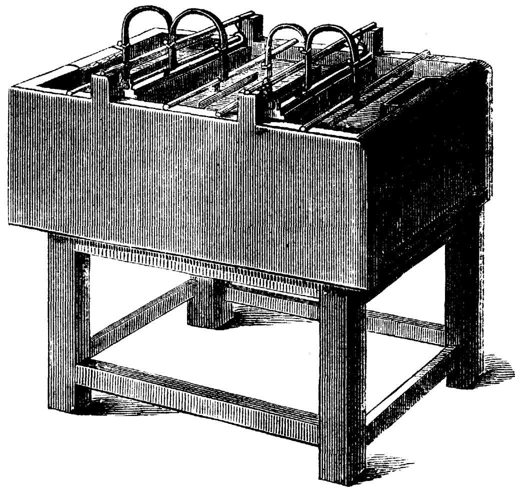
Fig. 352. Galvanoplastiska ateliern i kejserliga tryckeriet i Wien.

kan man bestryka ytan, som skall göras ledande, med en silfverlösning och sedan utsätta henne för ångorna af svafveleter, hvari något fosfor medföljer, då ett tunt, förträffligt ledande lager af fosforsilfver bildas.

Då den negativa polen öfverdrages med koppar på alla de ställen, der han kommer i beröring med kopparvitriolslösningen, och detta öfverdrag skulle bli ganska svårt att aflägsna, öfverdrager man de delar, hvarpå ingen koppar skall afsätta sig, med fernissa eller vax och låter endast den yta, som skall afbildas, förblifva ledande.

Man ser häraf, hvilken mångfaldig användning galvanoplastiken funnit, och sannolikt har hvar och en af våra läsare, om också utan att veta det, haft en galvanoplastisk afbildning i sina händer. Man har ej så oegentligt benämt denna konst "kallgjutning", ty i sjelfva verket kan hon, öfver allt der det är fråga om att framställa plant eller ihåligt modellerade föremål, med för-

del ersätta gjutningen, medan hon, hvad finheten angår, betydligt öfverträffar denna. Skola ihåliga, runda stycken framställas, måste utfällningen naturligtvis ske på insidan af en ihålig form, hvilken bör vara framstäld ungefär så, som fig. 354 visar. Den negativa polen står genom ledningen *c* i förbindelse med formen, medan den positiva genom trådarna *k* införes i formens inre.


Fig. 353. Galvanoplastisk apparat för åstadkommande af större föremål.

Man har på detta sätt framstält en mängd afbildningar af bildhuggarkonstens verk, och det har ofta händt, att konstnären omedelbart på detta sätt afbildat sitt verk med tillhjelp af en ihålig form, gjuten öfver den ursprungliga modellen, i stället för att utföra det i sten eller brons. Intressanta afbildningar af små djur, såsom ödlor, skalbaggar m. m., kunna framställas på galvanoplastisk väg, i det man omgifver djuret med en fin, mjuk, lerartad formmassa, torkar och bränner henne, befriar formen från askan och gör dess inre vägg ledande.

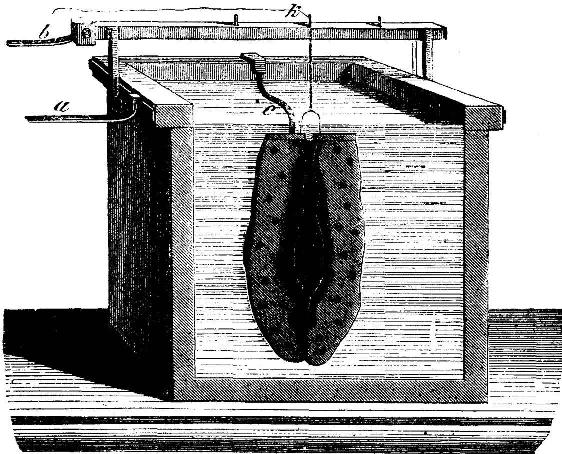


Fig. 354. Framställning af ihåliga galvanoplastiska föremål.

Lika värdefull som galvanoplastiken är för koppargravören, träsnidaren m. fl., lika nyttig är hon äfven för stilgjutaren, i det hon sätter honom i stånd att omedelbart förfärdiga kopparmatriser af hvarje gjuten bokstaf, hvaraf han sedan kan gjuta huru många exemplar han behagar, och sålunda spar honom besväret att skära stämplar af stål. Det samma gäller om en mängd infattningar, hörnstycken, vignetter och andra prydnader. Man kan äfven på tryckytan förse både de vanliga stereotypplattorna och särskilda bokstäfver med ett fint öfverdrag af koppar, hvarigenom de blifva betydligt varaktigare. Man kan till och med fördelaktigare på galvanoplastisk än på mekanisk väg framställa glatta plåtar med finaste polityr, af det slag, som begagnas inom daguerrotypin, koppargravyren, till glättningspressar m. m. Förträffliga dylika

plåtar uppstå så godt som af sig sjelfva på det sätt, att man på kemisk väg försilfrar polerade glasskifvor (härom närmare vid spegeltillverkningen) och på detta silfverlager utfäller koppar. Galvanoplastikens stora värde för mynt- och medaljkunskapen ligger i öppen dag. Patronerna till reliefkopieringsmaskinen i stentryckerierna åstadkommas alla på galvanoplastisk väg.

En synnerligt intressant användning af galvanoplastiken utgör den af Kobell uppfunna galvanografin och de härmed beslägtade glyfografin och stylografin, hvilka redan omnämts i första bandet af detta arbete. Till grund härför ligger hufvudsakligen det förhållandet, att vid den positiva polen koppar upplöses på samma sätt, som han afskiljer sig vid den negativa, och man begagnar sig äfven häraf vid etsningen af vanliga till kopparstick använda plåtar (galvanokaustik). Med ett ord, tillämpningarna af den galvaniska strömmen hafva under den korta tid, han varit känd, vuxit till ett sådant antal, att det skulle vara svårt att uppräkna dem alla.

Stora industriela anstalter ha uppstått, der alla slags galvanoplastiska arbeten utföras. I synnerhet har Paris att uppvisa flera betydande anläggningar i denna väg, och i en af dessa började för några år sedan ett af de mest storartade galvanoplastiska arbeten, nämligen en naturtrogen efterbildning af Trajanus' kolonn i Rom.

Som bekant, lät den romerska senaten åt den bäste af kejsare till erkänsla för de roflystna dacernas kufvande uppbygga ett praktfullt forum, der den nyss nämda ryktbara kolonnen sedan upprestes. Ursprungligen bar han på sin spets Trajanus' staty, men sedermera har en af påfvarna i dess ställe der uppsatt aposteln Paulus' bild. Kolonnens yta är helt och hållet öfvertäckt med skulpturarbeten, som framställa hufvudhändelserna i de af Trajanus utförda krigen. Dessa skulpturarbeten äro ej allenast af betydligt konstvärde, utan ega derjemte ett stort historiskt intresse, i det de gifva ett ganska tydligt begrepp om så väl romarnas och deras lydfolks som barbarernas kroppsbildning, lefnadsvanor, klädedrägt, beväpning, yrken och offentliga bruk, hvarför de äro att räkna bland de värdefullaste materialen för studiet af kulturens utveckling.

Kolonnen har en höjd af 135 fot och är sammansatt af 33 marmorblock, af hvilka 8 bilda sockeln, 23 sjelfva kolonnen, ett kapitälet och ett utgör piedestal åt statyn. I midten är hvart och ett af dessa block genomborradt som en qvarnsten. Genom den lodräta öppningen leder en spiraltrappa upp till platformen. Bildhuggararbetet är anbragt på yttersidan, der det spiralformigt i tjugu vindlingar stiger upp till kolonnens topp. Nedtill är figurernas höjd 2 fot, på de öfre delarna, som äro längre från åskådaren, dubbelt så stora. Kejsarens gestalt återfinnes 50 gånger; figurernas antal uppgår till 2 000—3 000. Detta märkvärdiga verk af forntida bildhuggarkonst skulle nu i Paris på Napoleons bekostnad galvanoplastiskt efterbildas. Man hade tagit gipsaftryck af originalet, hvilka sedan som matriser nedlades i den galvanoplastiska apparaten i Oudins atelier. Meningen var att sedan sammansätta kolonnens särskilda delar till ett helt eller också, hvilket torde vara beqvämare för studiet,

uppställa dem i smärre pelare, hvardera af 17 fots höjd. Det är oss obekant, huru långt detta arbete framskridit.

Hvilken utsträckning Oudins etablissement har, inses bäst deraf, att det årligen förbrukar 1 200 centner kopparvitriol och 300 centner zink.

Vid det rent galvanoplastiska förfaringssättet afser man att erhålla den utfälda kopparn i sådana former, att han kan användas som ett helt för sig. Man hindrar derför den utfälda metallen och formen, om denna är af metall, att oupplösligt förena sig med hvarandra. Detta åstadkommes lätt derigenom, att man ger formen en svag oljstrykning eller ingnider honom med grafit o. s. v. Göres deremot ett metallstycke fullkomligt rent med någon syra och genast nedhänges i apparaten, häftar den utfälda metallen mycket fastare vid formen, i synnerhet om öfverdraget är mycket tunt. Häraf inses möjligheten att öfverdraga en metall med en annan eller ock förse icke metalliska kroppar med ett metalliskt öfverdrag. Man öfverdrager på detta sätt en mängd föremål med koppar för att göra dem varaktigare. Oftast begagnas detta medel för att öfverdraga oädla metaller med ädla.

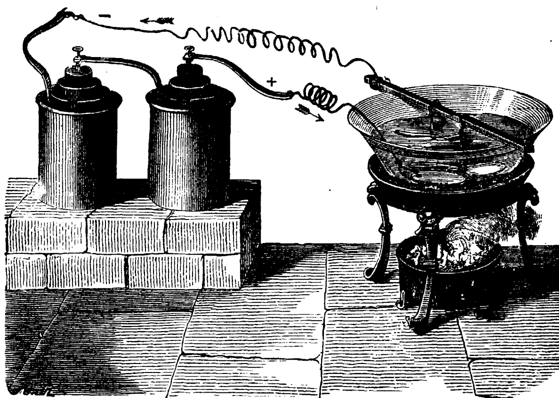


Fig. 355. Galvanisk försilfring.

Särskildt har **den galvaniska förgyllningen** och **försilfringen** erhållit en vidsträckt användning, i synnerhet till bordssilfver. De apparater, som härvid användas, skilja sig ej väsentligt från de redan beskrifna; de använda vätskorna äro naturligtvis olika; vid förgyllning begagnas som andra pol en guldplatta och vid försilfring en silfverplatta. Till lösningsmedel begagnas cyankalium, hvilket äfven med fördel låter använda sig vid kopparutfällningar. Man bereder vätskorna antingen på det sätt, att man till lösningarna af kopparvitriol, klorguld, salpetersyrad silfveroxid eller något dylikt tillsätter cyankalium, tills den bildade fällningen åter löst sig, eller också begagnar ett starkt batteri, hvars trådar nedsänkas i en lösning af cyankalium; den negativa trådändan är försedd med ett platinableck, den positiva med ett stycke af den metall, som skall upplösas. Upplösningen åstadkommes af samma kraft, som förorsakar utfällningen vid den andra polen. Hela förfaringssättet har man kallat galvanokaustik. Vätskan är mättad, så snart ny metall utfälles vid den negativa platinapolen.

Den galvaniska förgyllningen har en stor betydelse, ej blott emedan på detta sätt stora mängder ädel metall besparas, utan ännu mera derför,

att den förut begagnade metoden att förgylla medelst glödning, så farlig genom de dervid utvecklade qvicksilfversångorna, blifvit i sin användning betydligt inskränkt.

I Ruhla (Thüringen) försilfras med en thaler 400—600 dussin pipbeslag; med 5 grän guld, värdt $^1/_2$ thaler, förgyller man 12 dussin knappar med 8 liniers diameter; vid de sämre sorterna uppgår öfverdragets tjocklek ej till mer än $^3/_{100000}$ linie. För att erhålla önskad tjocklek på öfverdraget och ej onödigtvis bortslösa något af de ädla metallerna har man konstruerat särskilda vågar, hvilka sjelfva afbryta processen, då han framskridit tillräckligt långt. Dessa vågar äro så inrättade, att de föremål, som skola öfverdragas, befinna sig vid ena ändan af en tvåarmad vågbalk. Den elektriska strömmen går genom vågbalken och upphängningstråden och är sluten, så länge balkens andra ända hålles nedtryckt af en vigt, motsvarande den vigt metall, som skall utfällas. Men så snart den afsedda metallvigten är utfäld, sjunker den ända af vågbalken, hvarpå föremålen hänga, hvarigenom strömmen afbrytes och guld- eller silfverutfällningen i samma ögonblick upphör. En sådan våg var utstäld i Paris 1867.

För att guld- eller silfverlagret skall kunna likformigt bekläda föremålets hela yta, måste det vara fullkomligt renadt och fritt från allt fett. Allt efter som man vill åstadkomma en ljusgul eller rödaktig färg, begagnar man olika vätskor. Rent klorguld, löst i cyankalium och vatten, lemnar en vackert gul färg. Rödaktig förgyllning uppstår genom tillsats af kopparvitriol, grönaktig genom cyansilfver o. s. v.

De mest omfattande förgyllningsarbeten på galvanoplastisk väg voro otvifvelaktigt de, som hertig Max af Leuchtenberg lät utföra i den ryska galvanoplastiska anstalten i Reval. Man skulle förgylla de för pelarna i Isakskyrkan i Petersburg bestämda, af brons gjutna baserna och kapitälen, hvilka tillsammans vägde 680 centner. De största kapitälens höjd uppgick till 4,9 fot och de största basernas diameter till 3,7 fot. Härtill behöfdes utfällningskärl, af hvilka hvart och ett rymde 218 kubikfot guldlösning. Dessa kärl voro två och två stälda kring en rörlig kran, med hvars tillhjelp bronspjeserna lyftes i kopparkedjor och med fullkomlig lätthet kunde handteras af två man. Guldlösningen innehöll 4—5 ort guld på hvarje kanna; allt det cyankalium, som behöfdes, bereddes på stället. Ofta hände, att 24—36 skålpund guld om dagen förvandlades i koncentrerad cyanlösning, och under de tre år, som dessa arbeten räckte, förbrukades mera än 660 skålpund guld.

Man kan nu göra utfällningar af de flesta metaller, till och med af legeringar, såsom messing och brons. Förfaringssätten härvid skilja sig hufvudsakligen endast genom de använda lösningsmedlen. Vid utfällningen af några bland dessa metaller, såsom zink och tenn, använder man kaustikt kali, som håller metallens oxid upplöst. Jern utfälles spegelblankt ur en lösning af jernvitriol eller klorjern, och om stålning af kopparplattor ha vi redan i första bandet talat.

Genom sönderdelning af blylösningar och utfällning af blysuperoxid kunna på metallplåtar de vackraste färgspel erhållas. Den galvanoplastiska fällningen förmår återgifva perlemorns färgspel lika väl som den finaste teckning på en daguerrotypplåt af silfver.

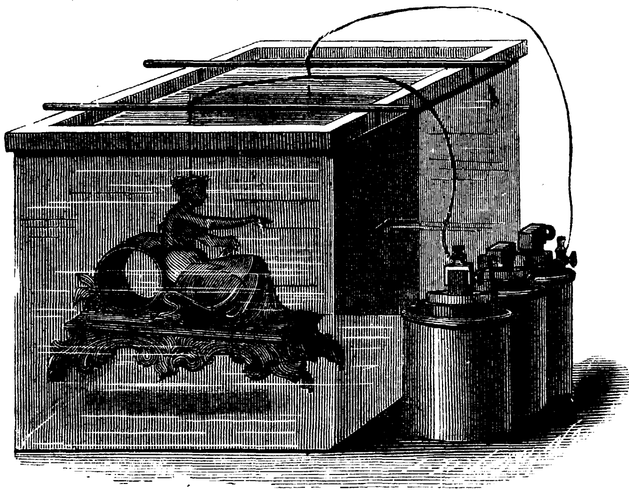


Fig. 356. Apparat för galvanisk försilfring.



De elektromagnetiska apparaterna.

Örsteds upptäckt. — Magnetnålens afvikelse. — Ampères lag. — Schweiggers multiplikator. — Du Bois Reymond. — Parallela strömmar attrahera hvarandra. — Elektromagnetism och magnetoelektricitet. — Faraday. — Rotations- och induktionsapparater. — Fysiologiska verkningar. — Stora rotationsapparater till hvalfiskfångst och frambringande af elektriskt ljus. — Elektromagnetismen som drifkraft. Pages och Stöhrers maskiner.

De märkvärdiga fenomen, som framkallades genom Voltas stapel, hade väckt ett ofantligt uppseende inom den vetenskapliga verlden. Det var i synnerhet deras polara beskaffenhet, som syselsatte de då ifrigt spanande naturfilosoferna och satte fantasi och skarpsinne i rörelse för att utur det dagligen allt mera hopade erfarenhetsförrådet omsider utveckla denna "urkraft", hvarför man då svärmade. Man ville på många håll se ett nära samband mellan Voltas stapel och magneten, och försök anstäldes med väldiga apparater för att uppvisa öfverensstämmelsen mellan magnetismen och den genom beröring alstrade elektriciteten. Dessa sträfvanden voro dock fruktlösa, ehuru förhoppningarna lifvades på nytt genom den å andra sidan gjorda upptäckten, att blixten, liksom gnistan från en laddflaska, utöfvade ett alldeles afgjordt inflytande på magnetnålen, då de förmådde omkasta hennes poler eller till och med helt och hållet upphäfva hennes magnetism eller ock förvandla vanliga stålnålar till magneter. Det rätta ordet för att få berget Sesam att öppna sig var ännu ej funnet.

Då gjorde Örsted i Kjöbenhavn vintern 1819—1820 under en af sina föreläsningar i fysiken den märkvärdiga iakttagelsen, att en fin platinatråd, som stod i förbindelse med en Voltas stapel och var glödande, försatte en magnetnål, hvaröfver han gick fram, i helt egendomliga svängningar. För öfrigt hade redan långt förut alldeles likartade företeelser iakttagits af Romagnosi och omtalats af Aldini, som var personligen bekant med Örsted. Möjligen hade den senare härigenom erhållit kännedom om Romagnosis upptäckt. Han tyckes dock lika litet som Romagnosi insett hela hennes betydelse, ty först mot slutet af sommarn, således sex månader derefter, blef hon bekant för naturforskarna genom en skrift af Örsted. Och sedan förflöt ytterligare en lång tid, innan hon tillvann sig allmänt erkännande. De omständigheter, hvarunder fenomenet kunde framkallas, blefvo först småningom bestämda. Man sökte först allmänt grundvilkoret för ett lyckadt experiment i ett stort antal plåtpar, följaktligen i en betydlig spänning hos stapeln, medan det dock endast är ytans storlek hos de i beröring stående metallerna, som här är af hufvudsaklig vigt. Men då efter hand obestridligheten af Örsteds upptäckt till alla delar bekräftades, framkallade hon en formlig förtjusning, en entusiasm, hvartill i vetenskapernas hela historia måhända endast de första luftbalongerna ha att uppvisa något motstycke. För en tid lemnades fysikens alla öfriga områden å sido af sina bearbetare; i vetenskapliga tidskrifter fann man nästan endast berättelser och afhandlingar om försök, som grundade sig på den örstedska upptäckten, och icke blott naturforskare och läkare, utan äfven dilettanter och andra, för hvilka dylika forskningar eljest voro främmande, omfattade med oerhörd ifver de nya rönen. Örsteds namn var i allas mun, och likväl kunde ingen ännu ana hela omfånget af hans upptäckt och de resultat, hvartill hon skulle leda. Då vi nu betrakta de ur detta frö utvecklade följder, af hvilka den elektromagnetiska telegrafin är den mest storartade, förefaller det oss nästan otroligt, att ursprunget till hela denna vetenskap ej ligger mer än femtio år bakom oss.

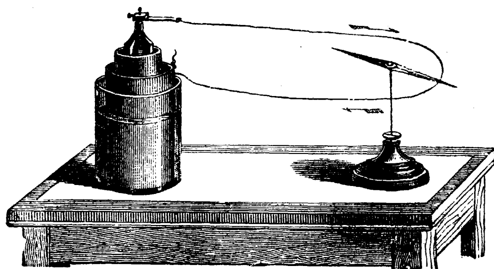


Fig. 358. Magnetnålens afvikelse genom den elektriska strömmen.

Det första örstedska försöket kunna vi lätt anställa; vi behöfva blott hålla slutningstråden till ett galvaniskt element öfver en fritt sväfvande magnetnål på det sätt, att han följer hennes naturliga riktning i norr och söder. Går ingen ström genom tråden, bibehåller äfven nålen sitt vanliga läge, men så snart kedjan slutes, svänger nålen ut och söker, allt efter strömmens styrka, intaga en mot dess riktning mer eller mindre vinkelrät ställning. Resultatet blir likväl icke alldeles det samma, om tråden hålles öfver eller under nålen. I båda fallen sker en afvikelse, men med den skilnaden, att den ena gången svänger nålens nordpol åt venster, den andra gången åt höger. Afvikelsens rikt-

ning sammanhänger på det sätt med strömmens, att om man tänker sig simma med strömmen och har ansigtet vändt mot magnetnålen, vrider sig hennes nordpol alltid åt venster, sydpolen deremot åt höger. Leder man derför tråden, sedan han gått öfver nålen, tillbaka under henne (fig. 358), sträfva båda strömmarna att vrida nålen åt samma håll, och den kraft, hvarmed afvikelsen sker, fördubblas. Vindar man således tråden flera gånger i ständigt samma riktning och inom dessa hvarf upphänger en fritt rörlig magnetnål, måste hon, när strömmen löper genom tråden, äfven afvika med en allt starkare kraft, ju större hvarfvens antal är. På det att strömmen också verkligen skall tillryggalägga hela sin väg, måste emellertid tråden isoleras, hvilket åstadkommes derigenom, att han öfverspinnes med silke.

Schweigger har derpå grundat en apparat, hvarmed man kan upptäcka utomordentligt svaga strömmar, ett slags elektriskt mikroskop, som han enligt dess verkningssätt ganska träffande kallat multiplikator. Den schweiggerska multiplikatorn är måhända den nyare fysikens vigtigaste instrument. Han är ej, som glaslinsen, ett medel att för finare iakttagelse skärpa ett af våra sinnen, utan derigenom, att han gör yttringar, hvilkas orsak vi eljest ej skulle förmå uppfatta, för oss märkbara, motsvarar han fullkomligt ett nytt organ, som meddelar oss sina intryck med en sådan skärpa och säkerhet, att hvarken ögat eller örat kan i det hänseendet täfla dermed. Vi lemna derför i fig. 359 en afbildning af detta vigtiga instrument, hvars inrättning är lätt att förstå.

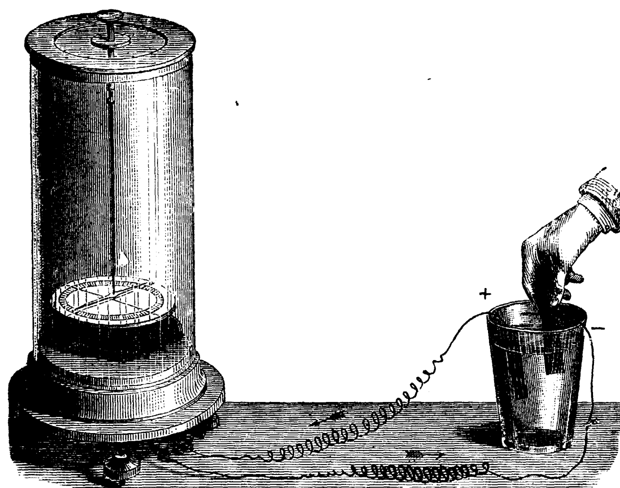


Fig. 359. Schweiggers multiplikator.

Magnetnålen, tungan på denna våg, hänger i en kokongtråd vid locket till en glascylinder, som skyddar hela apparaten från störande yttre inflytelser, luftdrag, fuktighet m. m. På cylinderns botten ligger ett slags ram, kring hvilken i flera hvarf är lindad en med silke omspunnen koppartråd, hvars båda ändar gå ut genom bottnen för att kunna sättas i förbindelse med de kroppar, som alstra den elektriska strömmen. Det håll, hvaråt tråden är lindad, äfvensom strömmens riktning, antydes genom de små pilarna. Går strömmen in i multiplikatorn åt höger, går han ut åt venster. Magnetnålen består likväl ej af en enda nål, utan af två så vidt möjligt lika starkt magnetiserade nålar, som äro på det sätt förenade, att deras motsatta poler komma att ligga öfver

hvarandra. Den ena nålen svänger ofvanom trådhvarfven, den andra, hvaraf man endast ser den ena spetsen, inom dem. Är således t. ex. den öfre, åt åskådaren riktade ändan den ena nålens nordpol, är den nedtill synbara spetsen på den andra nålen en sydpol. Denna förening af två i omvänd ordning öfver hvarandra liggande magnetnålar, ett s. k. astatiskt nålpar, erbjuder den stora fördelen, att det, ehuru fullkomligt magnetiskt, blott har så mycken sträfvan att ställa sig i norr och söder, som den ena nålens kraft är större än den andras. Nålarna vridas följaktligen så mycket lättare af den galvaniska strömmen i multiplikatorn, och då de emellan dem liggande multiplikatorshvarfven i följd af den skiljaktiga polriktningen föranleda de båda nålarnas vridning åt samma håll, blir afvikelsen derigenom till och med fördubblad.

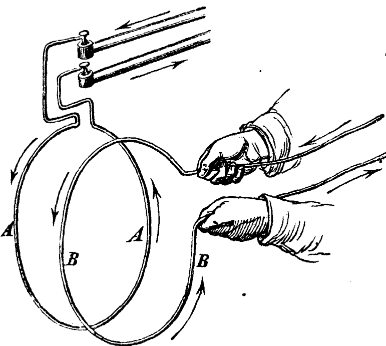
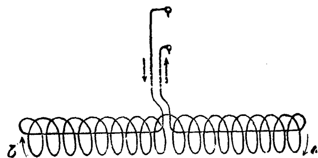


Fig. 360. Parallela strömmars attraktion.

Det inses lätt, att man medelst en multiplikator, som har flera tusen hvarf, kan upptäcka mycket svaga elektriska strömmar, och i sjelfva verket har man äfven härigenom funnit, att dylika strömmar utvecklas vid den ringaste kemiska eller fysiska olikhet mellan två hvarandra berörande kroppar. Två platinableck, af hvilka det ena förut blifvit glödgadt, men ej det andra, förorsaka en afvikelse hos nålparet, ja, det behöfs ej en gång metalliska elektroder. Man har lyckats uppvisa samtidigheten af muskel- och nervverksamhet å ena sidan och galvaniska strömmar å den andra och i många fall bådas beroende af hvarandra. Undersökningen af de märkvärdiga fysiologiska verkningarna af galvaniska strömmar har framkallat en alldeles ny vetenskap, hvilken i synnerhet genom Du Bois Reymonds forskningar bragts i jemnhöjd med systervetenskaperna. Man har vunnit en alldeles ny uppfattning af det organiska lifvet och samlat erfarenhetsrön, som ej minst skola komma läkarkonsten till godo.


Fig. 361. Solenoid.

Men frågar man, hvad orsaken är, att magnetnålen röner en så märkvärdig inverkan af den elektriska strömmen, finner man svaret af ett annat experiment. Upphänger man nämligen en qvadratiskt eller cirkelformigt böjd metalltråd *AA* (fig. 360) på det sätt, att han kan lätt vrida sig kring sina båda spetsar, som hvila i två små, med qvicksilfver fylda skålar, och låter en elektrisk ström gå genom tråden, vrider sig den senare så länge i sina skålar, till dess strömmens riktning blir vinkelrät mot magnetnålen, ett nytt bevis, att magnetismen och den elektriska strömmen måste stå i det närmaste samband med hvarandra, ty der strömmen är tillräckligt stark, ger han riktning åt magnetismen, hvaremot denna, der han är starkare än motståndet, utöfvar en bestämmande inverkan på strömmens riktning.

Om man nu till den första tråden, *AA*, närmar en annan, *BB*, och låter båda genomlöpas af elektriska strömmar på det genom pilarna antydda sättet, märker man, att den rörliga ringen *AA* ställer sig parallelt med den andra *BB*; de delar, i hvilka strömmen har en nedåt gående riktning, närma sig, liksom de, der strömmen går uppåt. Bringar man dem omvändt midt emot hvarandra, aflägsna de sig. Men denna verkan beror ej på de båda trådarnas kemiska egenskaper; hvilka metaller man än dertill använder, blir förhållandet ändå det samma, likväl endast då, när trådarna genomlöpas af elektriska strömmar. Strömmarna utöfva sjelfva denna märkvärdiga verkan på hvarandra, och detta enligt den lagen, att parallela, åt samma håll gående strömmar attrahera, åt motsatt håll gående repellera hvarandra.

Elektromagnetismen. Magnetism och elektriska strömmar visa sig sålunda identiska, om också i annan mening, än man före Örsteds upptäckt eller, rättare sagdt, före Ampères undersökningar, hvilka man har att tacka för kunskapen om denna lag, anade och trodde. Ty gå vi ett steg vidare och upphänga en lätt rörlig, men icke blott en gång, såsom *AA* i fig. 360, utan spiralformigt böjd tråd, sådan som den, hvilken framställes i fig. 361 (en s. k. solenoid), ställa sig spiralens gängor vinkelrätt mot magnetnålens riktning; men i följd häraf visar solenoidens axel rätt i norr och söder och öfverensstämmer således med magnetnålens ställning.

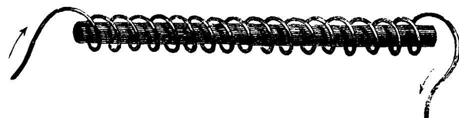
Vi måste följaktligen antaga elektriska strömmar som orsak till magnetismen, och solenoidens gängor angifva den riktning, hvari de kretsa genom jernets minsta delar. Tänka vi oss simmande med strömmen, ligger nordpolen alltid åt venster, sydpolen deremot åt höger. I fig. 361 skulle således *a* beteckna nordpolen och *b* sydpolen.

Denna åsigt bekräftas äfven af andra egenskaper hos solenoiden, hvilka i sina yttringar öfverensstämma med den naturliga magnetens. Han drager ej blott jern och stål, och detta med den ojemförligt största kraften vid sina poler, i midten deremot med den minsta; han väcker äfven magnetism i dessa metaller, alldeles som man ströke dem med kraftiga magneter. En jernten, som instickes uti en af en ström genomlupen isolerad solenoid (fig. 362), förstärker hans verkan betydligt så väl på magnetnålen som på en strömförande rörlig ledare, t. ex. *A* i fig. 360. Jern- eller ståltenen blir sjelf magnetisk och på det sätt, att han i samma ända som solenoiden får nordpol och i den andra sydpol.

Mjukt jern förlorar denna magnetiska egenskap genast, då strömmen afbrytes; hos stål deremot bibehålles magnetismen äfven, sedan strömmen i solenoiden upphört, och denna omständighet begagnas derför nu allmänt för att erhålla kraftiga stålmagneter. Men vigtigare än dessa äro de mjuka jernstycken, hvilka man endast för tillfället kan meddela magnetisk kraft, de s. k. elektromagneterna, ty de äro det väsentligaste i de elektromagnetiska apparaterna. Vi få tillfälle att återkomma till dem vid betraktandet af deras olika använd-

ningssätt; för närvarande måste vi taga i skärskådande några egendomligheter hos de elektriska strömmarna, som till dem stå i nära förhållande.

Induktionsfenomenen. År 1832 upptäckte den engelske fysikern Faraday, att en elektrisk ström, som går nära förbi en ringformig sluten ledare, äfven uppväcker elektriska strömmar hos denne, en företeelse, som upptäckaren kallade induktion. Dessa induktionsströmmar vara blott ett ögonblick och uppstå i det samma, den elektriska ledningen öppnas eller slutes. Vid öppnandet har den inducerade strömmen en motsatt riktning mot hufvudströmmens; vid slutandet går den förra åt samma håll som den senare. Samma verkan, som öppnandet och slutandet af en ledning, har det plötsliga närmandet eller aflägsnandet af en strömförande ledare. Ju närmare den tråd, som skall induceras, ligger den inducerande ledningstråden, desto starkare är verkningen, och för att i högsta grad tillgodogöra denna begagnar man derför äfven ofta till inducerande ledare en öfverspunnen tråd, som man pålindar antingen parallelt med och bredvid ledningstråden eller på sådant sätt, att han kan närmas intill ledningstrådens spiral och inskjutas i denna. En blick på fig. 363 skall tydliggöra detta. Spiralen *H* är förenad med multiplikatorn *G* genom sina båda ändar vid *A* och *A'*, alltså sluten, när vid *A* och *A'* intet afbrott eger rum. Öfver honom kan en annan, åt samma håll lindad spiral *H'* nedskjutas, hvilkens ändar kunna vid *B* och *B'* sättas i förbindelse med polerna i ett batteri. Går nu en ström genom spiralen *H'*, kan man genom att stjelpa honom öfver spiralen *H* i denna framkalla en motsatt induktionsström och genom att åter aflägsna honom uppväcka en åt samma håll gående induktionsström, hvars uppkomst och riktning antydes af den i *G* befintliga magnetnålens afvikelse. Lika så kan man, när spiralen *H'* är stjelpt öfver *H*, inducera samma strömmar genom att vid *B* eller *B'* sluta eller öppna ledningen.


Fig. 362. Uppkomsten af elektromagnetism.

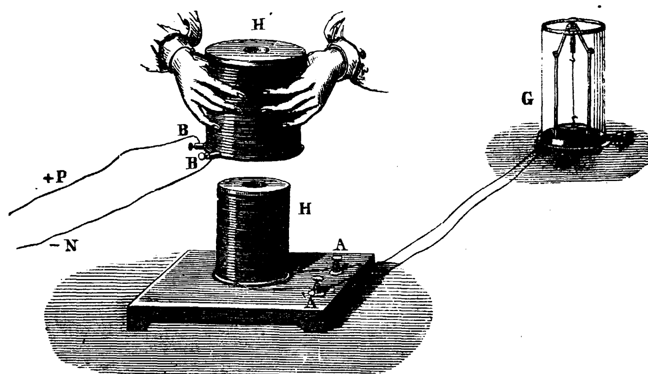


Fig. 363. Inducerade strömmar.

Man kan lätt ställa så till, att batteriets ström fortfarande öppnar och sluter sig sjelf med stor hastighet, så att den tråd, som skall induceras, ej får någon ro och en oupphörlig elektricitetsalstring eger rum. Den sålunda väckta

elektriciteten visar alla de genom galvanism framkallade strömmarnas verkningar, men har dessutom särskildt en stor spänning, liknande gnidningselektricitetens, och springer, som denna, gerna öfver i gnistor, medan den galvaniska strömmen endast på mycket korta afstånd öfvergår från en trådända till en annan. Om en ström inkommer i den jemte induktionsspiralen upplindade hufvudspiralen, eller om den af en ständig ström genomflutna hufvudspiralen närmas intill induktionsrullen, blir verkningen alldeles den samma. Likaledes blir förhållandet det samma, om strömmen afbrytes eller plötsligt aflägsnas. Alldeles samma induktionsfenomen inträffa äfven, om man hastigt närmar en kraftig magnet till en sluten ledare och åter aflägsnar honom. Vid närmandet uppkommer en kort inducerad ström i en gifven riktning, vid aflägsnandet en annan åt motsatt håll. Man ser alltså, att äfven här elektricitet och magnetism ömsesidigt ersätta hvarandra: en magnet åstadkommer det samma som ett batteri. Liksom man gifvit namnet elektromagnetism åt den genom en elektrisk ström framkallade magnetismen, lika så har man åt den genom en magnet åstadkomna elektriska strömmen gifvit namnet magnetoelektricitet.

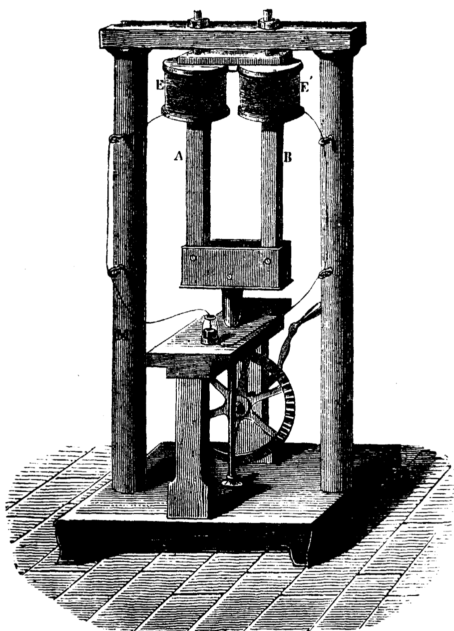


Fig. 364. Pixiis rotationsmaskin.

Rotationsapparater. För att på ett beqvämt sätt frambringa induktionsströmmar, så väl till fysiologiska som fysiska eller kemiska ändamål, har man uttänkt åtskilliga inrättningar, af hvilka de s. k. rotationsapparaterna äro de äldsta. Genom dem kan en trådledning medelst blotta kringvridningen af ett hjul göras fullkomligt lika elektrisk, som om hon vore förenad med ett kraftigt galvaniskt batteri. Dessa maskiner erbjuda dessutom den fördelen, att man genom hastigare och långsammare kringvridning kan i hvarje ögonblick öka eller minska deras verkan. Apparaten har, sedan han uppfans, undergått mångfaldiga förändringar. Den första maskinen konstruerades 1832 af Pixii och är afbildad i fig. 364. *A* och *B* äro två magneter, hvilka äro så förenade med hvarandra, att de bilda ett slags hästskomagnet, hvars båda poler stå midt emot spiralerna *E* och *E*′, som inuti hafva mjuka jernkärnor. Medelst kringvridning af den nedtill anbragta vefven förändrar magneten sin ställning framför spiralerna, och i dem alstras strömmar, hvilka, ledda af trådar till den lilla qvicksilfversskålen, när den ena trådändan nedstickes i sjelfva qvicksilfret och den andra hålles nära

ytan deraf, ge sig till känna genom öfverspringande gnistor. Sedermera har Stöhrer i Leipzig betydligt förbättrat rotationsapparaterna. Fig. 365 visar en bland de först af honom utförda. Vi se der såsom hans förnämsta och vigtigaste del en stark, af flera skifvor sammansatt hästskomagnet, hvilken är fastgjord vid sitt underlag och öfver hvars båda klackar höjer sig en pelare, som uppbär ett draghjul med dess pinne. Framför magnetens båda poler ligger den genom kringvridning roterande delen, hvars axel går in mellan magnetens klackar, der han omfattas af det från hjulet nedgående drifsnöret. Framtill på axeln sitter ett tvärstycke af mjukt jern och vid detta åter de likaledes af jern bestående samt mot magnetens poler vända cylindrarna *BB'*, kring hvilka en öfverspunnen koppartråd är i många hvarf upplindad. Erinrar man sig nu, att en helt kort ström väckes i trådspiralen, när en kraftig magnet närmas till tråden, och att en motsatt lika kort ström uppkommer, när magneten åter aflägsnas, blir maskinens verkan lätt begriplig. Tvärstycket och cylindrarna hafva nämligen i den tecknade ställningen genom magnetens inverkan sjelfva blifvit magnetiska och förblifva det, så länge de äro utsatta för hufvudmagnetens dragningskraft, d. v. s. när de befinna sig i det läge framför dennes poler, som de på ritningen intaga. Men sättes deremot axeln i rörelse, ändrar sig förhållandet: efter ett fjerdedels omlopp komma cylindrarna *BB'* lodrätt öfver hvarandra och på längsta afståndet från de båda polerna; men under vägen har deras magnetism redan försvunnit, och verkningen på koppartråden af detta försvinnande blir fullkomligt den samma, som om man dragit jerncylindrarna helt och hållet ut ur spiralerna, d. v. s. aflägsnat magneten från ledningen. Genom ett följande fjerdedels omlopp komma cylindrarna på nytt midt emot polerna, blifva åter magnetiska, ehuru med ombytta poler, och i tråden måste en kort, denna gång motsatt ström uppkomma, alldeles som man hastigt inskjutit en magnet i spiralerna. Hvarje omlopp af axeln alstrar således ett fyrfaldigt väckande af motsatta strömmar. Der det är önskvärdt att gifva de inducerade strömmarna samma riktning, åstadkommes detta genom en liten på axelns främsta del anbragt apparat, strömvändaren eller kommutatorn, som upptager alla strömmar, men i hvardera af de båda vid *a* och *b* instuckna ledningstrådarna alltid öfverför blott de åt samma håll gående. De åt motsatta håll riktade strömmarna kan man i visst afseende betrakta som positiv och negativ elektricitet.

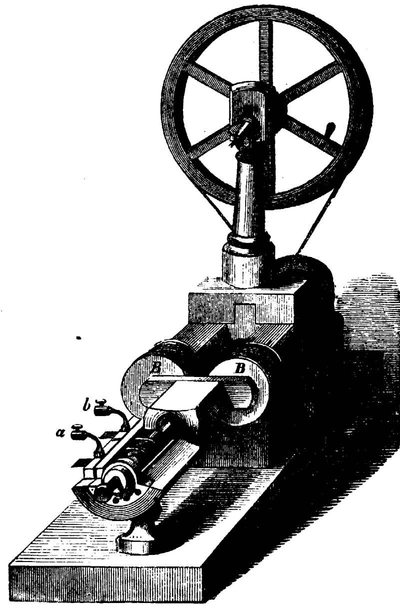


Fig. 365. Stöhrers rotationsapparat.

Inom läkarkonsten gör man ett vidsträckt bruk af rotationsapparaterna, och genom strömvändarens justering kan man antingen låta strömmen genomgå kroppen i samma riktning eller omvexlande än i en, än i en annan. De i det senare fallet uppkommande nervretningarna äro naturligtvis mycket häftigare genom de plötsliga, hastigt på hvarandra följande omvexlingarna och kunna redan med ganska små apparater blifva alldeles olidliga. Större apparater verka så våldsamt, att alla kroppens muskler krampaktigt dragas tillsammans och förmågan af frivilliga rörelser går helt och hållet förlorad. Ingen lefvande varelse, vore hon än aldrig så jättestark, kan motstå dem. Man har derför, och Stöhrer i Leipzig allra först, till och med för hvalfiskfångst konstruerat stora apparater och användt dem med synnerlig framgång. Den ena af de båda ledningstrådarna inflätas i harpunlinan, den andra deremot kastas i vattnet. Strömmen går på detta sätt genom kroppen på den träffade hvalen, och en enda man är i stånd att genom apparatens kringvridning förvandla djurets våldsamma rörelser till en förlamande stelkramp, hvarunder det i allt lugn kan fullständigt dödas. Apparaten är inrättad på det sätt, att framför ett antal i omkretsen ordnade starka magneter löper en krans af induktionsrullar. Då lika många rullar ligga bredvid hvarandra, som det fins magnetiska poler i batteriet, växer antalet af de vid hvarje omlopp inducerade strömmarna med qvadraten på poltalet.

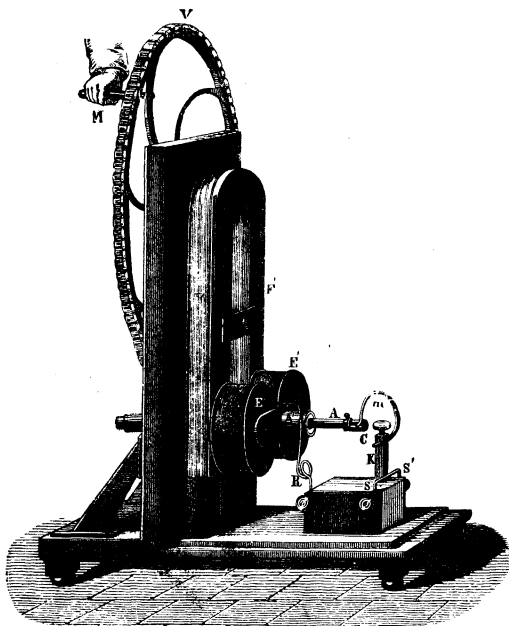


Fig. 366. Clarks rotationsmaskin.

Ett annat slags rotationsapparat visar C l a r k s maskin, fig. 366. I denna har magneten *FF'* en lodrät ställning; nära dess poler ligga, liksom i Stöhrers apparat, de båda spiralerna *EE'*, med sina jernkärnor fästa vid axeln *AA'*, som genom vefven *M* bringas i omlopp. De båda styckena *A* och *A'* stå visserligen i ledande förbindelse med spiralen *E* och ledningstrådarna *R* och *m*, men äro likväl sins emellan isolerade. Genom denna särskilda inrättning, hvaraf fig. 367 ger en detaljerad bild, är omvexlingen af strömmarna på det mest olika sätt möjliggjord. När man insatt handtagen *MM'*, kan man låta strömmarna gå genom kroppen i samma riktning eller i en omvexlande; eller man kan äfven, genom att på olika sätt kombinera ledningen, använda den s. k. d i r e k t a eller p r i m ä r a strömmen, hvilken härrör från magnetens verkan, eller blott den s e k u n d ä r a, som uppkommer i spira-

lerna, när de direkta strömmarna afbrytas. En dylik strömvexling medgifver för öfrigt äfven den stöhrerska apparaten, och hon har till och med allra först blifvit af Stöhrer föreslagen.

Det förstås af sig sjelft, att man med dylika apparater äfven kan frambringa alla slags fysiska elektricitetsfenomen. Bland dessa är det i synnerhet ljusutveckling, telegrafi och galvanoplastik, hvilka ofta kunna åstadkommas för billigare pris medelst den mekaniska kraft, som erfordras till kringdrifvande af induktionsrullarna, än genom de alltid i längden kostsamma galvaniska batterierna.

Den utvidgade användningen af större rotationsapparater har äfven haft inflytande på deras tillverkning. Bolaget L'alliance i Paris har konstruerat en maskin, som består af 40 kombinerade apparater, hvilkas axel med sina 164 induktionsrullar kringvrides 373 gånger i minuten af en ångmaskin om två hästkrafter. Hvarje spiral går vid hvart omlopp förbi 16 magneter, och således uppkomma vid hvarje kringsvängning öfver 10 000 elektriska strömmar, af hvilka den ena hälften har en motsatt riktning mot den andra. Fig. 368 föreställer en mindre apparat med endast 24 magneter (hvar magnet bestående af flera skifvor), som äro fästa grensle tre och tre på hvar sin slå. Emellan hvart par af dessa magneter rör sig en på drifaxeln sittande messingsskifva med sina induktionsrullar.

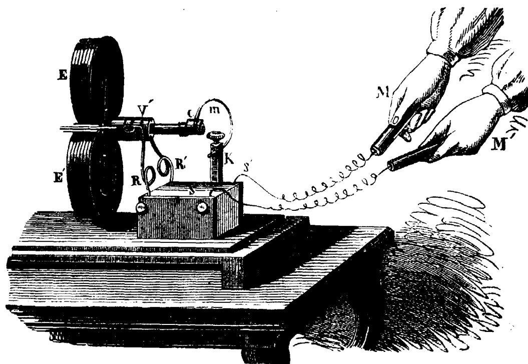


Fig. 367. Stormvändare i Clarks rotationsapparat.

För att låta magneterna verka i samma riktning äro dessa så stälda, att de midt emot hvarandra belägna poler, som rullarna samtidigt passera, äro motsatta. De på hästskomagneterna tecknade bokstäfverna N och S (norr och söder) antyda detta. En annan ganska kompendiös maskin förfärdigas i England af Holmes, som utför sina apparater hufvudsakligen till frambringande af ljus. Men med all sin förträfflighet äro de temligen dyra: en apparat med 48 magneter — hvardera bestående af sex skifvor — och 160 spiraler kostar inemot 15 000 rdr; dylika ljuskällor nyttjas derför endast i fyrtorn.

Elektromagnetiska motorer. Liksom man i rotationsapparaterna förvandlar mekanisk kraft i elektricitet och derifrån i ljus och värme, lika så ser man i den stora styrka, hvarmed jernmassor dragas och fasthållas af elektromagneter, elektriciteten förvandlad till mekaniskt arbete. Det är ej svårt att framställa elektromagneter, hvilka i dragningskraft hundrafaldt öfverträffa de vanliga stålmagneterna och med lätthet kunna fasthålla tusentals centner.

Tanken att tillgodogöra denna oerhörda kraft för drifvande af maskiner uppkom derför ganska snart, och man har på flerfaldiga sätt sökt sätta honom i verket, dock alltid utan någon annan vinst än den, som en liten beqvämt skött och lätt underhållen kraftkälla, hvilken i hvarje ögonblick kan försättas i eller ur verksamhet och deremellan ej förorsakar några väsentliga underhållskostnader, kan bereda. Men der dessa fördelar ej uppväga det på detta sätt ojemförligt kostsammare frambringandet af kraft, och detta är i de flesta fall händelsen, äro de elektromagnetiska motorerna ej att förorda. Detta oaktadt

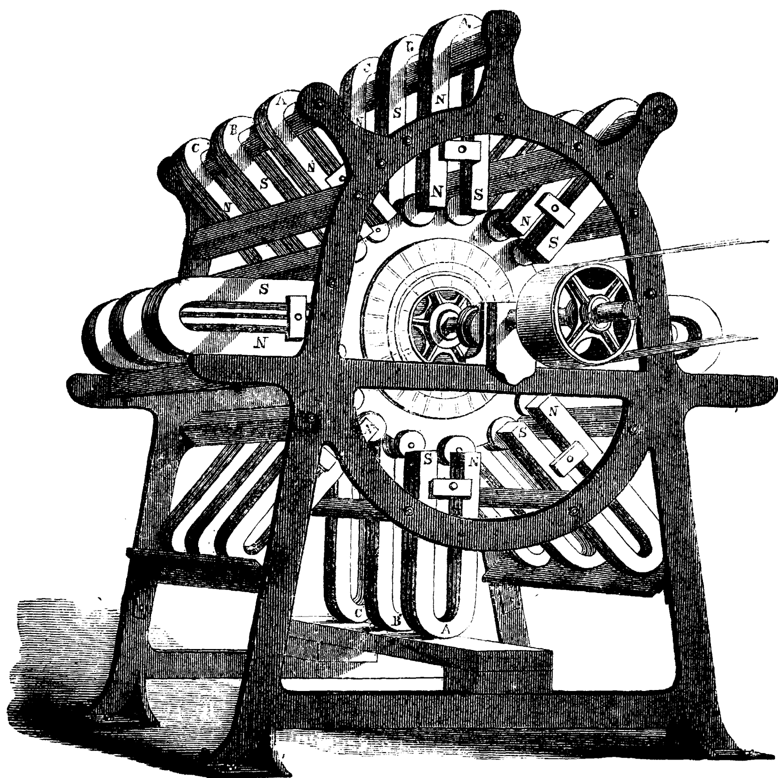


Fig. 368. Rotationsapparat för elektrisk belysning.

lefver dock iden ännu i friskt minne hos den stora allmänheten och upplifvas då och då genom tidningsartiklar, så att vi ej böra underlåta att något närmare granska honom.

Redan år 1834 försökte Dal Negro begagna elektromagnetismen till drifkraft, och året derpå utgaf Jacobi en beskrifning öfver en för samma ändamål konstruerad maskin. Tänka vi oss en hästskoformig stålmagnet så anordnad, att hans poler ligga uppåt i samma horisontalplan och deröfver, helt nära, en kring sin axel rörlig elektromagnet, med samma afstånd emellan polerna som hos den förre, söker enligt den magnetiska attraktionens vanliga verkan stålmagnetens nordpol draga till sig och fasthålla elektromagnetens sydpol.

Förändras nu, i det ögonblick de oliknämniga polerna stå midt emot hvarandra, strömmens riktning, ombytas elektromagnetens poler: hvad som förut var sydpol blir nordpol, och hvad som var nordpol blir sydpol.

Men derigenom komma liknämniga poler öfver hvarandra, hvilka bortstöta hvarandra, elektromagneten gör ett halft omlopp för att nå de andra attraherande polerna, men i det ögonblick, han hunnit dit, förändras strömmen åter, och så vidare, så att elektromagneten aldrig kommer i hvila. På detta sätt uppstår en roterande rörelse, som, allt efter magneternas styrka, kan utveckla en temligen betydlig effekt och, emedan elektromagneternas tunga massa förmår magasinera mycken lefvande kraft, kan begagnas till att drifva mindre maskiner. I sjelfva verket hafva också många försök gjorts att lägga denna princip till grund för elektromagnetiska motorer, men ett stort hinder reser sig deremot.

Bär magneten en tyngd om 110 skålpund, när han står i beröring dermed, är hans dragningskraft på ett afstånd af 0,03 linie endast 45 skålpund och på 0,08 linies afstånd 25 skålpund, på 0,16 linies afstånd 20 skålpund o. s. v. allt mindre och mindre. Men nu är det i följd af utvidgning genom värmet ej möjligt att låta de rörliga delarna komma närmare hvarandra än 0,16 linie, och man ser häraf, hvilken betydlig mängd elektricitet ej kommer till någon nyttig användning. Men dessutom försvinner ej magnetismen ur större jernmassor så fullständigt, om de bestå af mjukt jern, att ej äfven härigenom väsentliga kraftförluster uppstå. Den senare omständigheten har nu visserligen ej någon tillämpning på det slags maskiner, i hvilka två på ändarna af en stång fästa jerncylindrar indragas uti en trådspiral, när en elektrisk ström genomlöper denna och gör honom i viss mån magnetisk. En sådan af Page konstruerad maskin framställes i fig. 369. Han består af två elektromagneter B och B', som utgöras af cylindrar af mjukt jern, kring hvilka spiraler äro lindade. Två andra mjuka jerncylindrar F och F', hvilka äro förenade så väl sins emellan som med vefstaken T, kunna vexelvis ingå i elektromagneterna B och B'. När en ström löper genom spiralen B, är ledningen emellan den andra spiralen B' och det galvaniska batteriet afbruten. B blir magnetisk och insuger jerncylindern F, så att ramen CC', vid hvilken han är fäst, går nedåt. När denna kommit i sin lägsta ställning, upphör strömmen i B och öfvergår ögonblickligen till B', som härigenom blir magnetisk och i sin ordning drager in cylindern F', hvarvid ramen åter höjes, tills strömmen å nyo inkommer i B och den förut nämda rörelsen börjar på nytt. Då hvarje gång blott den ena spiralen genomströmmas af elektricitet och den andra således ej kan utöfva någon dragningskraft på dit hörande jerncylinder, finnes intet vidare hinder för maskinens verksam-

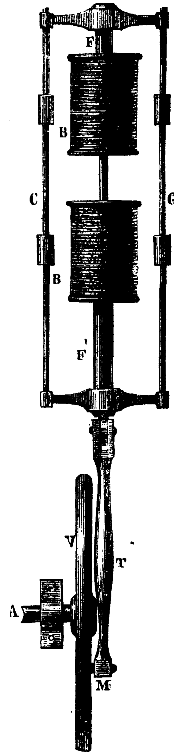
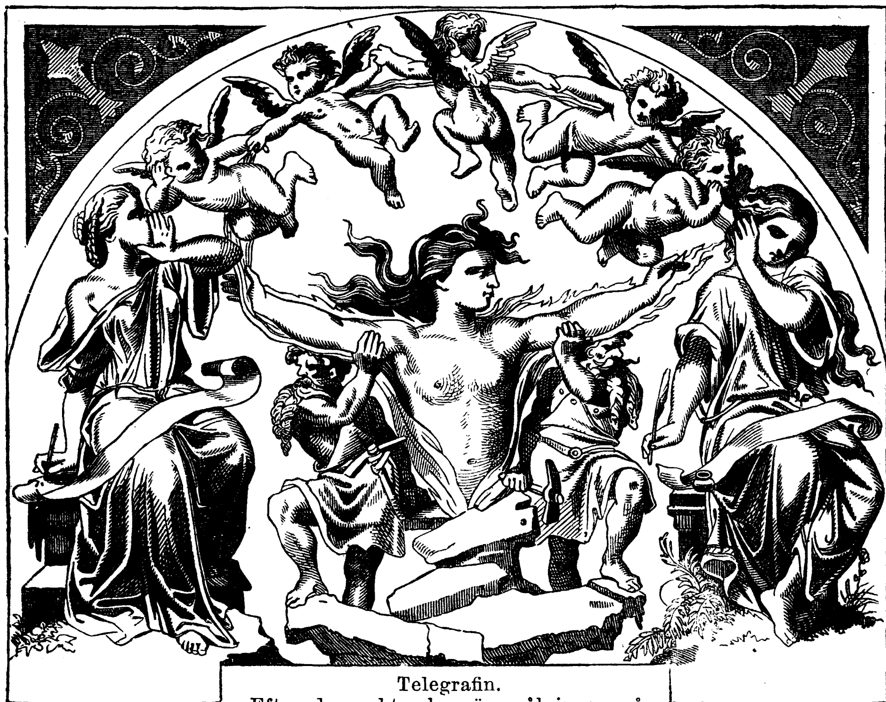


Fig. 369. Pages elektromagnetiska motor.

het än friktionen och lasten. Maskinen kan nu begagnas på åtskilligt sätt. Hans fram- och återgående rörelse kan användas omedelbart till drifvande af mindre pumpverk. I vår teckning är ramen förenad med en vefstake *T*, som kan öfverföra kraften till roterande arbetsmaskiner. Men magnetismens förminskning genom afståndet, som äfven här eger rum, står hindrande i vägen för ett fullständigt tillgodogörande af den dessutom ganska dyra kraften från ett galvaniskt batteri. Vill man åter framkalla strömmen genom mekanisk kraft medelst de billigare induktionsapparaterna, har hvar och en rätt att fråga, hvarför man ej genast använder den till buds stående drifkraften för det afsedda ändamålet.

Den bästa effekt, som man öfver hufvud taget i detta hänseende torde kunna vinna, har Stöhrer med sina elektromagnetiska motorer åstadkommit. I dem frambringas rörelsen äfven medelst en cylindrisk elektromagnet med konstanta poler, som rör sig omkring sin axel mellan en med trådlindningar omspunnen ram. Allt efter som strömmen genomgår dessa ledningar i den ena eller andra riktningen, attraheras eller repelleras magnetens poler, och han hålles i roterande rörelse, så länge ledningen är sluten, derigenom att maskinen sjelf medelst en enkel inrättning två gånger under hvarje omlopp ombesörjer denna strömvexling.

Men någon stor effekt förmår ej heller denna maskin åstadkomma. Deremot arbetar han med stor hastighet, och Stöhrer har användt denna hans egenskap särdeles lämpligt till koppartråds öfverspinning med silke och sålunda genom sin uppfinning skaffat sig ett behändigt arbetsbiträde. Efter den erfarenhet man gjort, hvilken sannolikt ej heller genom fortgående förbättringar i det mekaniska utförandet kan undergå någon fördelaktig förändring, ty de bero nödvändigt på de galvaniska strömmarnas natur och verkningssätt, kan man ej längre förespå de elektromagnetiska motorerna någon stor framtid, och den lätt hänförda mängdens jublande bifallsrop, när 1839 Jacobi jemte tolf andra personer färdades på Neva i en af hans elektromagnetiska motor drifven båt, skola, sedan de mer och mer tystnat, knappast åter vid liknande tillfällen låta höra sig.



Telegrafin.
Efter den echterska väggmålningen på statsbangården i München.

Uppfinningen af telegrafen.

De gamlas telegrafi. — Roparlinier. — Optiska telegrafer. — Fackel- och flaggsignaler. — Chappes telegraf. — Historia och inrättning. — Den optiska telegrafen i Sverige. — Edelcrantz' system. — Akustisk telegrafi. — Den sparreska lufttelegrafen. — Hydraulisk telegrafi. — Den elektriska telegrafin. — Winkler. — Lemond och Boeckmann. — Sömmerings galvaniska telegraf. — Schilling von Cannstadt. — Gauss och Weber. — Cookes förtjenst om telegrafin. — Wheatstone. — Nål- och dubbelnålstelegrafen. — Steinheils skriftelegraf. — Visartelegrafen, uppfunnen af Davy och förbättrad af Wheatstone. — Steinheils upptäckt af jordledningen. — De kemiska telegraferna. — Morse. — Historia och system. — På en telegrafbyrå. — Ledningen. — Underhafskablar. — Nedläggningen af den atlantiska kabeln. — Elektriska ur.

Behofvet att så hastigt som möjligt befordra vigtiga underrättelser till aflägsna orter måste redan i ett tidigt skede af folkens utveckling göra sig känbart. Så snart menniskorna trädt i mera omfattande stam- och statsförhållanden till hvarandra, förekommo ej sällan fall, då man ville varna vänner för anfall och andra faror eller kalla dem till skyndsam undsättning. Att utforska de första spåren af telegrafin, egentligen konsten att korrespondera på långa afstånd (af τῆλε, fjerran, och γράφειν, skrifva), torde derför äfven vara mycket svårt, om ej omöjligt.

De först använda medlen ha för öfrigt hos alla folk varit af så ursprunglig art, att de sannolikt öfver allt varit de samma. Utstälda poster till-

ropade hvarandra underrättelser eller meddelade sig genom på långt håll synliga signaler: eldar, flaggor, rökpelare o. s. v.

Om den persiske konungen Darios Hystaspes berättas, att han på vissa höjder låtit utställa poster, som befordrade underrättelser till hufvudstaden från de mest aflägsna provinserna i hans rike.

Dessa "konungens öron", såsom de kallades, tillropade hvarandra de meddelanden, som skulle göras, och spridde dem på en enda dag till ett afstånd af 30 dagsresor.

I sorgspelet "Agamemnon" af Eskylos omnämnes, huru eröfrarens gemål, ännu samma natt Troja intogs, genom signaleldar erhöll underrättelse om händelsen, oaktadt afståndet utgjorde ej mindre än 50 mil. Telegrafposternas stationer voro vid detta tillfälle följande: berget Ida i Troas, Hermeos på Lemnos, Atos, Makistos på Eubea, Mesapios i Beotien, Kiteron, Egiblanktos i Megaris och Arakneos i Argolis.

Perseus skall, såsom Herodotos berättar, haft verkliga telegraflinier, på hvilka alla vigtiga underrättelser medelst fackelsignaler befordrades, och Hannibal skall i Spanien och Afrika inrättat fasta torn till stationsplatser.

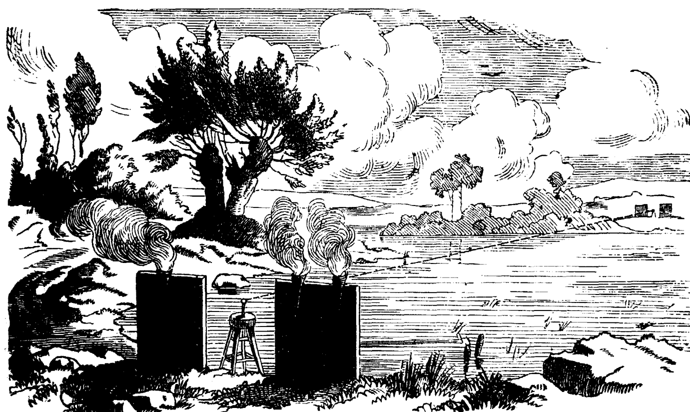


Fig. 371. Fackeltelegraf.

Genom enkla eldar, såsom de af alla folk från greker och romare ända till kineser och Nordamerikas urinvånare användes och ännu användas hos Skotlands, Schweiz' m. fl. bergfolk, kunna naturligtvis endast mycket korta meddelanden gifvas. De så kallade vårdkasarna i Sverige utgöra minnen från sådana signalsystem.

Fackelsignaler åter, hvilkas ålder äfven är mycket hög, tillåta redan ett meddelande af olikartade samt helt och hållet oförutsedda händelser. Det påstås, att Kleoxenes och Demokritos (450 f. Kr.) skola ha uppstält bokstafssystem. I synnerhet omtalas en apparat med schackbrädlik inrättning, i hvilken alfabetets 25 bokstäfver voro ordnade i fem horisontala och fem vertikala rader, så att hvarje bokstaf kunde betecknas genom angifvande af två tal antingen medelst facklor eller flaggor. Äfven angaf man bokstäfver med 1—8 facklor eller fanor i tre särskilda grupper, den venstra, mellersta och högra, motsvarande de åtta första, mellersta och sista bokstäfverna i alfabetet (fig. 371).

Slutligen användes för telegrafering trästycken, som omvexlande upp- och nedhissades på höga stänger.

Oaktadt alla dessa olika telegraferingssätt voro behäftade med stora olägenheter, återkom man dock ständigt till likartade system, och Kesslers uppfinning (1617), som bestod deruti, att ett lysande föremål stäldes i en horisontalt liggande tunna och ordningsnumret af den bokstaf i alfabetet, som skulle telegraferas, angafs genom det antal gånger, tunnans lock öppnades, står ännu helt och hållet på samma punkt som de gamla romerska inrättningarna.

Att flagg- och lyktsignaler ännu i dag äro brukliga om skeppsbord, är naturligt.

Ett framåtskridande egde först rum i början af sjuttonde århundradet, då den engelske markisen af Worcester (1633) gaf förslag till en optisk teckentelegraf, som Amontons, en fransman, (1663) utbildade. År 1684 uppträdde engelsmannen Hook med en uppfinning att medelst rörliga linialer telegrafera geometriska figurer, hvilkas betydelse var på förhand bestämd, och 1765 bygde engelsmannen Edgeworth en dylik telegraf för eget behof mellan London och Newmarket.

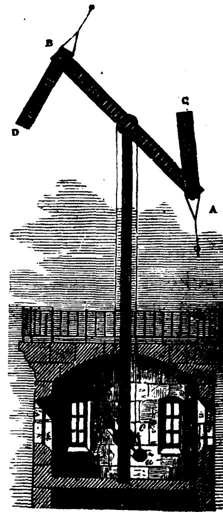


Fig 372. Chappes telegraf.

Samma år visade professor Bergsträsser i Hanau i sin "syntematografik", huru man utan synnerlig kostnad kunde dag eller natt utdela order till alla cheferna i ett läger af 200 000 man och meddela hvar och en jemnt så mycket, som han borde lära känna. Han föreslog inrättandet af en sådan signalpost, såsom han kallade den, mellan Leipzig och Hamburg. Sommaren 1786 gjorde man äfven ett försök härmed mellan Hanau och den fyra mil derifrån belägna så kallade guldgrufvan vid foten af Feldberg, ett försök, som lemnade ett ganska godt resultat. Saken blef dock ej synnerligt uppmärksammad och derför snart glömd; men då hon återkom till Tyskland som en fransk uppfinning, skänkte man henne en uppmärksamhet, som hon redan från första början förtjent.

Chappes telegraf. Det påstås, att ingeniören Claude Chappe uppfunnit sin telegraf för att från Angers kunna korrespondera med sina bröder, som befunno sig vid en läroanstalt en fjerdingsväg utanför staden. Denna berättelse är möjligen till en viss grad sann, dock fick Chappe egentligen sin ide att med tillhjelp af en mekanisk inrättning möjliggöra ett hastigt tankeutbyte, då han 1790 efter en längre bortovaro sammanträffade med sina bröder hemma hos modern i Brulon. Han anstälde en mängd försök, som af grannarna utskrattades och hånades, men dock slutligen uppmärksammades af nationalkonventet. Sedan systemet genom brödernas fortsatta försök med till-

hjelp af konsul Delauny och urmakaren Breguet blifvit ytterligare utbildadt, anbefalde konventet, hufvudsakligen på Rommes bedrifvande, i juli 1793 upprättandet af en telegrafförbindelse mellan Paris och Lille, en sträcka af 20 mil med 22 stationer. Den första depeschen innehöll underrättelse om Condés återintagande (29 aug. 1794), hvarpå konventet svarade, att denna plats hädanefter skulle kallas Nord-Libre, hvilket namn dock med revolutionen sjelf åter försvann. Från depeschens afgång till svarets ankomst förflöt tre fjerdedels timme.

På berg, kullar, torn o. d. uppfördes små, med två fönster försedda byggnader med ett sådant läge, att man hade fri utsigt till nästa station. På taket stod en lodrät pelare eller stång, som gick ned i huset och räckte ända till golfvet och vid hvars öfre ända å en axel var anbragt en 10—17 fot lång och 7 till 10 tum bred stark ram, hvilken kunde antaga alla möjliga ställningar i vertikalt plan. Vid hvardera ändan af denna s. k. regulatorsram befinner sig en dylik ram af 7 fots längd och 10 tums bredd, kallad indikator eller vinge, hvilken åter i förhållande till regulatorn kan i dennes rörelseplan intaga hvilken ställning som helst. De särskilda afdelningarna äro medelst motvigter så afpassade, att de låta vrida sig af en helt ringa kraft. För att ej göra vinden för stort motstånd äro ytorna genombrutna som jalusier. Allt är svartmåladt.

Så länge maskinen är i hvila, ligga indikatorerna hopslagna midt öfver regulatorn, så att de ej kunna ses. Men vill man åstadkomma telegrafiska tecken, bringas regulatorn och vingarna i olika lägen till hvarandra. Redan med regulatorn ensam kan man åstadkomma fyra lägen, det lodräta, vågräta, sneda från höger till venster och från venster till höger. Men ännu många flera lägen kunna vingarna intaga allt efter den vinkel, som den ena eller båda tillsammans bilda mot regulatorn. Man har dock för signalering endast valt de sju lättast igenkänliga ställningarna, nämligen två vinkelräta, två i 45 graders vinkel uppåt och två i lika stor vinkel nedåt samt en i regulatorns förlängning. Dessa sju ställningar hos den ena vingen, kombinerade med sju ställningar hos den andra, gifva 49 olika signaler, och då dessa kunna åstadkommas vid hvar och en af regulatorns fyra ställningar, gifver den chappeska telegrafen 196 figurer, som äro mycket lätta att skilja från hvarandra. Af dessa har man nu valt 70, de lättast igenkänliga, med hvilka man ej blott kan angifva bokstäfverna och siffrorna, utan äfven skiljetecknen.

Apparaten skötes lätt och säkert af en enda person medelst snören, som gå öfver rullar genom regulatorn och pelaren. Telegrafisten, som befinner sig i ett rum omedelbart under apparaten, hvarifrån ledsnörena sträcka sig till en liten telegrafmodell af metall, utför å denna de signaler, som skola gifvas, hvarvid dessa omedelbart och med största noggranhet upprepas på den stora. På hvarje telegrafstation finnas två goda kikare fastsatta i väggen och så inriktade, att man har båda grannstationerna tydligt i synfältet för att genast noga kunna uppfatta hvar enda rörelse af deras armar.

Telegraflinierna utbredde sig mycket hastigt öfver hela landet och sammanlöpte alla i Paris. Afståndet mellan stationerna var på slättbygden oftast 3 till 4 mil, i bergstrakterna något mindre, så att man alltid noga kunde se från en station till en följande, och hvarje rörelse, som utgick från Paris, upprepades mekaniskt af den ena stationen efter den andra.

På detta sätt var det möjligt att någorlunda hastigt meddela en underrättelse. Så erhöll man i Paris en depesch från Lille (20 mil) på två minuter, från Calais (23 mil) på 4 minuter 5 sekunder, från Strassburg (40 mil) på 5 minuter 52 sekunder, från Toulon på 13 minuter 50 sekunder, från Bayonne på 14 minuter, från Brest (50 mil) på 6 minuter 50 sekunder o. s. v. Andra länder följde snart exemplet, sålunda Sverige 1794, England 1796, Danmark 1802, Preussen 1833, Österrike (Wien—Linz) 1835, Ryssland (Varsjav —Petersburg) 1836. Till och med Ostindien och Turkiet hade sina telegrafledningar. Den vigtigaste tyska telegraflinien, mellan Berlin och Köln, inrättades af regeringen för statsbehof; hvarje signal behöfde 10 minuter för att komma fram.

Så utbredd och beundrad denna inrättning än var, hade hon dock det stora felet att blott kunna begagnas om dagen och vid klart väder. Inträdde regn eller dimma, om också blott mellan två af de talrika stationerna, upphörde strax all telegrafering, och ännu för tretio år sedan fick man i tidningarna se, huru depescherna voro afbrutna oftast just der, de lofvade att bli som mest intressanta. Midt under det vingarna arbeta som fortast och ifrigast, blifva de plötsligt, liksom gripna af stelkramp, stående orörliga midt i en signal; efter en lång stund spritta de ändtligen åter till, men endast för att åter tvärstanna. Under tiden består depeschen endast af idel punkter; ändtligen komma åter några ord utan allt sammanhang, så åter punkter och slutligen det vanliga tillägget: “uppkommen tjocka hindrat signaleringens fortsättning“.

Det torde här vara på sin plats att i ett sammanhang berätta den optiska telegrafens historia särskildt i Sverige, ehuru vi härigenom gå något längre fram i tiden än det öfriga af vår berättelse*). Sverige var det land, som först följde fransmännens föredöme i afseende på inrättandet af optiska telegrafer. Redan år 1794 hade presidenten Edelcrantz fullkomligt oberoende af den franska telegrafen, ja, utan att ens derom ha någon annan kännedom, än att dertill användes rörliga armar, konstruerat sin telegraf, som den 30 oktober och 1 november samma år försöktes mellan Stockholm och Drottningholm samt ett par år senare antogs i England, först med några misslyckade förändringar, men sedermera fullkomligt sådan han var konstruerad af Edelcrantz, hvilken af sällskapet för konster, åkerbruk och handel i London hedrades med sällskapets prismedalj för nyttiga uppfinningar.

Edelcrantz' telegraf skilde sig från Chappes hufvudsakligen derigenom, att i stället för de tre rörliga armarna användes tre fasta, på en mast uppsatta horisontala armar, på hvar och en af hvilka voro medelst gångjern an-

---

*) Hufvudsakligast efter Nyströms Lärobok i telegrafi.

bragta tre fyrkantiga luckor, hvilka kunde läggas horisontalt eller ställas vertikalt. Endast i den senare ställningen voro luckorna synliga till nästa station. Hvarje lucka på den öfversta armen betydde 1, på den mellersta 2 och på den nedersta 4.

De nio luckorna voro för öfrigt så ordnade, att de äfven bildade tre vertikala rader. Den första vertikalraden utmärkte enheter, den andra tiotal och den tredje hundratal. Man kunde med luckorna utmärka hvilket tresiffrigt tal som helst från 0 till 777, hvaruti ingen större siffra än 7 ingår. Detta tillgick sålunda:

För att utmärka, att första siffran till höger i talet, d. v. s. enhetssiffran, är 1, uppfälles den öfversta luckan i den första vertikalraden. Enhetssiffran 2 angifves genom att uppfälla mellersta luckan i första vertikalraden, och enhetssiffran 4 genom att uppfälla den nedersta luckan i första vertikalraden. Enhetssiffran 3 angifves derigenom, att de öfversta och mellersta (1 + 2) luckorna uti meranämda rad äro uppfälda, enhetssiffran 5 genom öfversta och nedersta (1 + 4) luckornas uppfällande i första vertikalraden. På enahanda sätt angifvas tiotals- och hundratalssiffrorna 1—7. Då någon eller några siffror i talet äro 0, tillkännagifves detta derigenom, att ingen lucka är synlig i den motsvarande raden eller de motsvarande raderna. De tal, man kan signalera, äro således 1—7, 10—17, 20—27 o. s. v. 100—107, 110—117, 120—127 o. s. v. 200—207, 210—217 o. s. v. 700—707 o. s. v. 770—777. På detta sätt erhållas 511 eller, om 0 medräknas, 512 olika siffertal.

Talet 367 utmärkes t. ex. sålunda:

	1	—	1
	2	2	2
	—	4	4
=	3	6	7.

Talet 201 signaleras sålunda:

	—	—	1
	2	—	—
	—	—	—
=	2	0	1.

Talet 25:

	—	—	1
	—	2	—
	—	—	4
=	0	2	5.

Antalet af dessa tal fördubblas med tillhjelp af en tionde lucka, som är anbragt utanför fyrkanten af de förenämda nio, midt öfver deras mellersta vertikalrad. Denna lucka, äfvensom en elfte, befintlig äfvenledes utom fyrkanten, vid sidan af den mellersta horisontalraden, tjenar dessutom till att underlätta radernas särskiljande från hvarandra vid signalens afläsande. Med hvart och ett af de 1 024 siffertalen utmärkes en af de mera allmänt förekommande stafvelser eller 'ord, som i signalboken upptagas. I svårare fall, d. v. s. då

ovanliga ord skola återgifvas, kan man äfven signalera hvarje bokstaf särskildt.

Afsättas 20 af dessa tal för att utmärka sidor uti en signaltabell, återstå 1 004 för att dermed uttrycka bokstäfver, stafvelser, ord eller meningar på hvarje sida. Sålunda kan man, genom att begagna två signaler, deraf den första till utmärkande af sidans nummer och den andra till utmärkande af bokstafvens (eller stafvelsens m. m.) nummer på denna sida, angifva 20 080 olika uttryck, som i tabellen äro upptagna.

Kort efter det första telegraferingsförsöket mellan Stockholm och Drottningholm anlades telegraflinier till Karlberg samt till Fredriksborgs och Vaxholms fästningar; två år derefter öfver Furusund och Kapelskär till Grisselhamn och öfver Ålands haf till Ekerö. Derefter anlades telegrafer mellan Göteborg och Marstrand, mellan Malmö och Helsingborg samt mellan Karlskrona och skansarna derutanför.

Under kriget 1808—1809 anlades ytterligare telegrafer i Stockholms skärgård, nämligen till Gefle, Landsort och Sandhamn. Efter krigets slut fingo telegraferna likväl förfalla. Personalen afskedades, och de af telegrafisterna, som lefde ännu 1836, då samma slags telegrafer å nyo iordningstäldes, visste berätta, att man efter krigets slut ej hade några vigtiga meddelanden att fortskaffa. Inrättningen hade för öfrigt att kämpa med stora ofullkomligheter. Dels var missgynnande väderlek för det mesta rådande, dels skola ordning och öfning saknats hos en del af personalen, som hufvudsakligen var uttagen ur landtvärnet.

År 1836 befalde konung Karl XIV Johan, att de edelcrantzska telegraferna skulle åter uppbyggas. Till general Akrell lemnades detta uppdrag, och han å sin sida uppsökte en af 1809 års telegrafmän, ryttmästaren Venus, som lemnade ritning på den edelcrantzska telegrafen, samt d. v. kaptenen I. F. v. Heland, åt hvilken närmaste öfverinseendet uppdrogs. Samma år blefvo i Stockholms skärgård 10 telegrafer uppsatta och bemannade, så att korrespondens kunde ega rum mellan Stockholm och Dalarö, Sandhamn och Vaxholm. Äfven i Göteborgs och Karlskrona skärgårdar anlades samtidigt telegrafer. Vaxholmslinien utsträcktes året derpå till Furusund och Dalarölinien 1838 till Landsort. Några år derefter utsågos stationspunkter till Grisselhamn och ännu senare mellan Stockholm och Göteborg, men företaget stannade vid en utprickning på kartan. Afstånden mellan stationerna vexlade från 1 till $1^{1}/_{2}$ mil. För att få begrepp om tidsåtgången må nämnas, att en tid af 7 minuter erfordrades för att sända en kort depesch från Furusund till Stockholm. Hastigheten var således ganska stor, då man tager i betraktande, att mellan nämda punkter funnos fem mellanstationer.

Jemte den optiska telegrafen vilja vi helt kort beskrifva några andra, som under olika tider blifvit föreslagna och till en del äfven utförda.

Iakttagelsen, att ljudet under sin fortplantning genom rör mycket litet försvagas, föranledde den ofta nämde napolitanen Porta att år 1579 framställa ett förslag om anläggande af språkrörsledningar i stället för de i forn-

tiden begagnade roparlinierna. Dessa akustiska telegrafer hafva emellertid, oaktadt flera, bland andra cisterciensmunken Gauthey, å nyo framkommit med samma förslag, aldrig funnit någon vidsträcktare användning, hvaremot man, till åstadkommande af förbindelse mellan de särskilda lokalerna i större etablissement, fabriker o. d., med fördel begagnar sig af dem. De från Doull, Sudre m. fl. utgångna förslagen att sammansätta ett bokstafssystem af åtskilliga toner (musikaliska telegrafen) omnämna vi blott för fullständighetens skull. Lika liten användning ha de pneumatiska telegraferna erhållit. I dessa tryckes luft genom ett rör och framkommer vid andra ändan under vatten i form af luftblåsor (Rowley 1838).

I sammanhang härmed må nämnas, att den svenske ingeniören grefve P. A. Sparre 1866 erhöll patent i Sverige på ett af honom uppfunnet signaleringssystem, kalladt lufttelegraf, som redan förut var af honom patenteradt i Frankrike och der kändt under namn af sonnerie télégraphique, système Sparre. För denna sinnrika konstruktion erhöll Sparre vid verldsutställningen i Paris 1867 silfvermedalj.

Apparaten består af ett fint metallrör, som vid sin ena ända är tillslutet af en liten kautsjukula eller balong samt vid den andra af en cylinderformig kropp, hvars botten utgöres af en tunn elastisk skifva af kautsju. Då nu kautsjubalongen sammantryckes och verkar som en liten blåsbelg, utskjutes den elastiska skifvan i rörets andra ända. Denna skifvans utvidgning användes som motor för en mekanisk inrättning, som sätter en klocka i rörelse. Rörets inre diameter behöfver ej vara mer än en linie, om också ledningen skulle vara 2 000 till 3 000 fot lång. Detta nu beskrifna telegrafsystem är i många afseenden ganska användbart och täflar för närvarande med den elektriska telegrafen i sådana fall, då det endast är fråga om enkla signaler och korta afstånd, t. ex. vid fabriker, i boningshus och i synnerhet om skeppsbord.

Med begagnande af lufttryck i gröfre rör har man lyckats framdrifva enkom dertill gjorda läderpatroner eller kapslar, i hvilka bref och paket kunna inläggas. Då sjelfva depeschen och ej blott dess innehåll härvid befordras, kunna dock dessa inrättningar snarare hänföras till post- än till telegrafbefordring. Ofta och i synnerhet vid kortare rörledningar framdrifves patronen derigenom, att en person sammantrycker en vanlig blåsbelg, som står i förbindelse med röret. Vid större rördimensioner och längre afstånd komprimeras luften med tillhjelp af en ångmaskin, och som rörledningen ofta är dubbel, kan luften äfven förtunnas på andra sidan om patronen. I Berlin föreslogs 1865 af Siemens och Halske en pneumatisk rörpaketpost mellan den elektriska telegrafstationen och börsen, ett afstånd af 2 835 fot. Denna inrättning, som äfven utfördes, består af två utmed hvarandra löpande rörledningar, sammanfogade af 15 fot långa jernrör af cirka 3 tums diameter. Rörledningarna, som i båda ändarna stå i förbindelse med hvarandra, äro omkring 3 fot nedgräfda i jorden och bilda till och med kurvor af ända till 24 fots radie. Sedan den cylinder, i hvilken depescherna blifvit nedlagda, instuckits i röret och detta

blifvit tillslutet, sättes medelst en ångmaskin en pump i verksamhet, hvilken komprimerar luften i det ena röret och förtunnar henne i det andra. Härigenom kommer cylindern eller kapseln i hastig rörelse. I följd af den ringa tid, kapseln behöfver för att genomlöpa röret, kunna flera hundra depescher befordras i timmen. En sådan dyrbar anläggning kan endast komma i fråga, der en större mängd depescher skall afsändas. Nyss nämda inrättning i Berlin skall, enligt officiel uppgift, ha kostat öfver 130000 rdr. Långt förut hade Electric-telegraph-company i London inrättat en s. k. pneumatisk rörpost. I Paris åstadkommes luftkompressionen, som framdrifver kapseln, medelst vattentryck.

Den hydrauliska telegrafen består af ett U-formigt rör, fyldt med vatten. De vertikala skänglarna, som befinna sig å de båda ändstationerna, äro likformigt indelade. Nedtryckes nu den ena vattenspegeln medelst en kolf, stiger den andra i proportion nästan i samma ögonblick, och man kan alltså genom flöten antyda hvilken bokstaf som helst. De gamla (Eneas Taktikos i 4:e århundradet f. Kr.) läto vatten afrinna ur två lika behållare, som voro uppstälda en vid hvardera stationen och försedda med hvar sin staf, till dess vattenspegeln uppnådde det åsyftade tecknet, då på en ljussignal tillströmmandet afbröts (fig. 373). Då i slutet af förra och början af detta århundrade telegrafin fick en allt större betydelse, framsöktes de gamla förslagen, och äfven män sådana som Bramah (1796), Wallance (1824), Jobard (1827) och Jowett (1847) syselsatte sig med deras förbättrande. Dermed har dock ingenting vunnits, ty å ena sidan uppfylde Chappes telegraf på ett utmärkt sätt alla då varande fordringar, och å andra sidan kunde, då han genom vårt nu varande telegrafsystem blef öfverflödig, så ofullkomliga apparater på sin höjd endast väcka ett historiskt intresse.

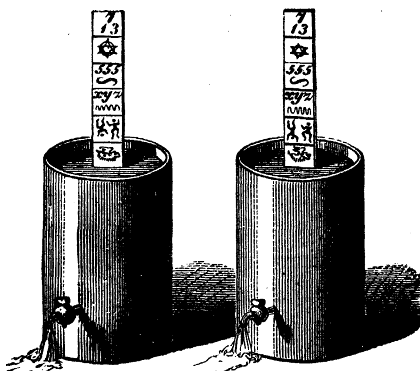


Fig. 373. Hydraulisk telegraf.

Den elektriska telegrafin är också i sjelfva verket det mest fulländade, som i telegraferingskonst gerna låter tänka sig. Inom utvecklingen af den nu varande telegrafin urskilja vi tre perioder, som utmärka sig derigenom, att efter hvart annat friktionselektriciteten, galvanismen och slutligen elektromagnetismen begagnats till motorer för den telegrafiska apparaten.

Elektricitetens stora fortplantningshastighet måste redan tidigt föra tanken på hennes användning för telegrafering. Redan för mer än hundra år sedan (1746) se vi professor Winkler i Leipzig leda elektricitet genom långa trådar under Pleisse. I England väcktes förslag om elektriska telegrafer år 1750, men kom ej till utförande. Man skall ha i behåll ett bref, dateradt Renfrew

den 1 februari 1753 och undertecknadt E. M., hvars författare föreslår att leda 24 trådar från en station till en annan, med hvilken man vill vexla samtal, att lägga en liten med en bokstaf tecknad flädermergskula vid hvarje tråd och under vägen isolera trådarna med hållare af glas eller harts. Laddades nu vid den ena stationen en tråd med elektricitet, skulle dess motsvarande ända å den andra stationen attrahera sin underliggande flädermergskula, och på detta sätt vore det möjligt att hastigt telegrafera ord och satser. I stället för flädermergskulor skulle man äfven genom en enkel inrättning kunna sätta små klockor i rörelse.

Lessage i Genève konstruerade 1774 en sådan telegraf. På hvarje tråd satte han två flädermergskulor, hvilka, då tråden laddades, repellerade hvarandra och sålunda antydde bokstafven.

Vid denna tid eller strax derefter syselsatte sig flera fysiker med samma uppgift och väckte många förslag. Af särskildt intresse synes det af Lemond (1787) vara, hvilken i stället för de 24 trådarna blott anbragte en eller två och genom antalet repulsioner af kulorna angaf bokstafvens ordningsnummer. Samtidigt hade professor Boeckmann ett likartadt förslag. De särskilda bokstäfverna angåfvos af honom genom en eller flera gnistor, grupperade inom vissa tidsintervaller. I Spanien hade Bétancourt 1787 inrättat en telegraf mellan Madrid och Aranjuez, hvilken bestod af laddflaskor, som urladdades genom metalltrådar. Efter honom väcktes dylika förslag äfven af Salva (1796), Cavallo (1797) m. fl. I Lemonds försök ligger redan den princip, som sedermera åter dykte upp i nåltelegrafen samt i Morses apparat. Märkvärdigt nog, finna vi äfven den ide, som ligger till grund för den länge och i England ännu i dag använda visartelegrafen, redan 1816 angifven af engelsmannen Ronalds, hvilken på båda ändstationerna lät uppställa fullkomligt lika urverk och medelst dessa satte i rotation skifvor, som voro på fullkomligt lika sätt betecknade med bokstäfver. Skifvorna rörde sig bakom en skärm, försedd med en öppning, genom hvilken observatorn blott kunde se en bokstaf i sönder. Då den rätta framkom, afbröts rörelsen för ett ögonblick medelst elektricitet.

Vi se dock försöken med friktionselektriciteten öfvergifvas, sedan en mycket lämpligare kraftform upptäckts i galvanismen.

Den galvaniska telegrafens historia kan, såsom nu tydligt är ådagalagdt, spåras till 1808, och äran af att med klar insigt i frågan först ha beträdt vägen tillkommer den tyske fysiologen Sömmering i München. Det första uppslaget gaf det förhärjande krig, som i århundradets början från Frankrike utbredde sig öfver Europa. Denna folkens blodiga samfärdsel utsådde ett frö, som för civilisationen skulle blifva ett af de mest fruktbringande. Men märkvärdigt är, att just den franska nationen, hvars storartade resning gaf första impulsen till de långvariga skakningarna, skulle sist och ofullständigast tillgodogöra sig den nya uppfinningens följder. Ännu 1846 satte sig deputerade kammaren emot anläggandet af en elektrisk telegraf emellan Paris

och Lille, och endast Aragos kraftiga uppträdande kan man tillskrifva, att småningom åtminstone försök gjordes, hvilka slutligen förmådde undantränga den omtyckta chappeska uppfinningen och ersätta henne med något ojemförligt bättre och fullkomligare. Först 1851 blef den elektriska telegrafen i Frankrike upplåten för allmänheten, och under de första två månaderna befordrade han ej mer än 500 depescher från Paris. Men vi återgå till vår historiska betraktelse.

Man kunde omöjligt göra sig blind för, att Napoleons snabba och i följd deraf så utomordentligt lyckliga företag hufvudsakligast understöddes, ja, ofta till och med endast blefvo möjliga genom den hastighet, hvarmed herskaren kunde meddela sin vilja till alla delar af sin här. General Macks olyckliga instängande i Ulm var ett exempel, som Baiern hade för nära under ögonen, att det skulle kunnat förbises. Då nu dessutom österrikarnas alldeles oförutsedda infall den 9 april 1809, hvilket tvang konungen att den 11 fly från München, genom den optiska telegrafen så hastigt meddelades Napoleon, att redan den 22 april denna stad, som sex dagar förut intagits af österrikarna, undsattes af fransmännen och konung Maximilian kunde sexton dagar efter sin flykt åter intåga i sin hufvudstad, riktade baierske ministern Montgelas hela sin uppmärksamhet på telegrafin och hennes stora betydelse. Sin önskan att af akademin erhålla förslag till telegrafinrättningar delgaf han den 5 juli 1809 Sömmering, som var medlem af nyss nämda vetenskapliga samfund, och med hvilken lifllighet och grundlighet vetenskapsmannen omfattade uppmaningen, visar hans dagbok, i hvilken redan under den 8 juli, således blott tre dagar derefter, står att läsa: "…. ej kunnat få någon rast eller ro, förr än jag medelst gasutveckling löst telegraffrågan."

Sömmering utgick genast från iden att för telegrafering använda den genom Voltas stapel utvecklade elektriska strömmen; i synnerhet föreföll honom stapelns förmåga att sönderdela vatten särdeles fruktbringande. Det gälde nu att undersöka, huru långt den kemiska verkningen läte fortplanta sig. Den 9 juli lyckades, såsom hans dagbok meddelar, gasutvecklingen på ett afstånd af 40 fot, den 19 sönderdelade hon vatten på 175 och den 8 augusti på 1 055 fots afstånd, och tre dagar derefter kunde han säga: "telegrafen lyckas".

Den af Sömmering använda stapeln var sammansatt af silfver (brabantska thaler) och zink och bestod af 15 par; som fuktig ledare emellan hvart par användes filt, fuktad med saltvatten. Den fullständigt utarbetade planen mottog akademin den 26 augusti 1809.

Afbildningen (fig. 374) visar, huru den sömmeringska telegrafen var inrättad. Hon är hemtad ur en liten skrift, hvari sonen till den förtjenstfulle forskaren inför efterverlden häfdat sin faders länge förbisedda anspråk.

Såsom figuren visar, består den första elektriska telegrafen af följande delar: 1) Voltas stapel A; 2) alfabetet B_1, hvars 24 bokstäfver motsvaras af särskilda trådar, som kunna sättas i ledande förening med stapeln derigenom, att man insticker polträdarnas ändar i de genomborrade stiften, hvilka i B_2

äro framstälda i något större skala och vid *B*3 äro tecknade, såsom de visa sig uppifrån; 3) kabeln *E*, innehållande 24 från hvarandra isolerade trådar; 4) ett med apparaten *B* fullkomligt lika sammansatt alfabet *C*1, afsedt att stå på mottagningsstationen, hvarest de åter åtskilda bokstafstrådarna genomlöpa bottnen af en glasbehållare, som är fyld med vatten; i *C*3 synes detta i plan; slutligen 5) väckaren *D*, hvars hufvuddel består af en på en häfstång sittande sked, hvilken i *C*2 synes i större skala.

Ville nu Sömmering telegrafera med denna apparat, gaf han först signal med väckaren, i det han instack de båda poltrådarna i stiften till bokstäfverna

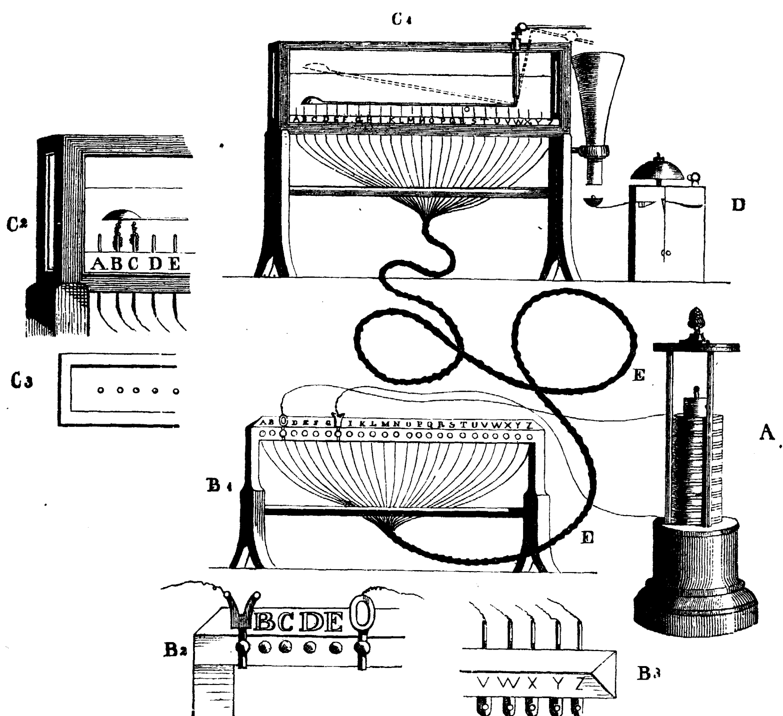


Fig. 374. Den första galvaniska telegrafen af Sömmering.

B och *C*. Strömmen gick t. ex. i tråden *B* genom kabeln *E* och på den andra stationen genom vätskan från *B* till *C* samt vidare genom kabeltråden *C* tillbaka till stapelns andra pol. I följd af strömmens verkan sönderdelades vattnet i behållaren *C*, och såsom *C*2 visar, utvecklades vid trådändarna *B* och *C* gasblåsor, hvilka samlade sig under skeden och slutligen lyfte henne i höjden, så att hon intog ett sådant läge, som angifves af den punkterade linien. Vid detta läge halkar en å tråden påträdd blykula i följd af sin egen tyngd af och nedfaller i en tratt, hvilken leder henne till en i förbindelse med en utlösning för väckarens klocka stående skål. Denna väckare uppfans af Söm-

mering den 24 augusti 1810, sedan flera försök att åstadkomma en önskad verkan misslyckats.

Är således allt klart för mottagande af en depesch, börjar afsändaren flytta de båda poltrådarna på sådant sätt, att de i ordningsföljd beröra samtliga bokstäfver, som förekomma i depeschen och sålunda genom den gasutveckling, som dervid uppstår, göra dem bemärkta på den andra stationen. Skall t. ex. ordet "monark" telegraferas, förenas den ena tråden med *M* och den andra med *O*. Sedan föreningen varat någon stund, flyttas trådarna till bokstäfverna *N* och *A* o. s. v.

Då gasutvecklingen är mycket lifligare vid den negativa polen än vid den positiva, har man deruti ett lätt medel att urskilja de båda bokstäfvernas ordningsföljd; man behöfver nämligen blott öfverenskomma att läsa den bokstaf först, vid hvilken de flesta gasblåsorna uppstiga.

Strax sedan uppfinningen var gjord, framlade Sömmering för akademin i München sin telegraf och kort derefter (d. 5 dec. 1809) genom öfverinspektorn för den franska arméns medicinalväsen Larrey för institutet i Paris. Här nedsattes nu visserligen till uppfinningens pröfvande en komite, bland hvars ledamöter glänste namnen Monge, Biot, Carnot o. a.; men i den öfvertygelse, att man i den chappeska telegrafen redan egde något oöfverträffligt, gick man stolt förbi hela saken, och Napoleon sjelf, hvilken dock först bort inse nyttan af ett sådant samfärdsmedel, kallade uppfinningen ett tyskt svärmeri. Äfven i Tyskland höjde sig röster, som ansågo det sömmeringska förslaget opraktiskt, och samma motstånd, som nya uppfinningar ofta, synnerligen i eget land, pläga röna, kom äfven Sömmering till del. Som exempel härpå kan anföras den åsigt, som en lärare i fysik vid kadettskolan i Sachsen, Prætorius, uttalade. Han säger: "Enligt min åsigt kan strömledning åstadkommas på högst 1 000 fots afstånd. Men hr Sömmering vill på detta sätt leda en ström 22 827 parisfot och sålunda fortskaffa depescher en hel tysk mil eller ännu längre!"

I afseende på det tekniska utförandet yttrar Prætorius, sedan han anmärkt, att den af 35 trådar bestående kabeln ej kunde sammansättas af flera stycken: "Nu frågar jag hr Sömmering, på hvilken repslagarbana han vill låta slå sitt 35-trådiga milslånga tåg?" Hvad skulle Prætorius nu säga om de atlantiska kablarna?

Äfven det 3 fot djupa diket för kabelns nedläggande anser han nära outförbart och beräknar, att den nya telegrafen skulle kosta åtta gånger så mycket som den optiska. "Och med denna åttadubbla kostnad", så slutar Prætorius, "skulle man dessutom ej ha vunnit någon annan fördel, än att man kunde telegrafera under ett regnväder eller nattetid." Mången Prætorius lefver ännu.

Ehuru sålunda lemnad i sticket af s. k. praktiskt folk — ty äfven i Baiern rörde sig ingen för den galvaniska telegrafens utförande i stort — fortsatte Sömmering det oaktadt sina försök och utförde verkligen en telegraf, sådan som omständigheterna medgåfvo. Han telegraferade den 4 februari 1812

med en trådlängd af 4225 fot, den 15 mars med en af 10570 fot med lika lycklig utgång, och så länge Sömmering var i München (till 1820), hade många besökande tillfälle att bevitna den nu redan temligen gamla uppfinningens verkningar. Sömmering, hvilken ett allmännare bruk mera låg om hjertat än pekuniär vinst, var beredvillig att åt andra lemna modell på sin telegraf, och sålunda kom äfven genom det ryska sändebudet grefve Potocki en sådan till Wien, der kejsaren, synnerligt tillfredsstäld af resultatet, ville åvägabringa en telegrafförbindelse mellan hufvudstaden och Laxenburg. En annan modell medtog den bekante luftseglaren Robertson till Paris, en tredje kom till Genève.

Men ingenstädes rörde sig någon företagsamhetsanda. Ett omedelbart behof fordrade ännu ej en så hastig förbindelse, och den första egentliga anledningen, kriget, fans ej mer. Den lärda verlden åter, som genom Larreys berättelse i läkarsällskapets bulletiner fått kännedom om galvanismens lysande användning, ansåg, såsom så ofta är fallet, sitt intresse fullständigt tillfredssäldt endast genom frågans lösning. Alexander von Humboldt, Schweigger och Gauss äro nästan de enda, om hvilka vi känna, att de ha egnat den sömmeringska apparaten någon verklig uppmärksamhet. I England skref dr Thomas Thomson ännu 1816 i den af honom utgifna Annals of philosophy utan att der på minsta sätt omnämna Sömmering: "Professor dr Redmann Coxe i Philadelphia har uttalat den åsigt, att galvanismen borde kunna användas till telegrafering; utförandet af denna vidunderliga spekulation torde dock ännu en rund tid låta vänta på sig." Detta är så mycket märkvärdigare, som flera engelsmän, lika väl som andra, redan då hade sett den sömmeringska telegrafen i München. Till England hade ej kommit någon modell, och i följd af någon omständighet blef äfven den, som Sömmering på hans egen begäran beredvilligt öfversände legationssekreteraren Lyonel Hervey, återskickad.

Den likgiltighet, som Sömmering öfver allt mötte, är så mycket oförklarligare, som kostnaden för hans telegraf på långt när ej var så betydlig som för den optiska, på hvars inrättande man då öfver allt arbetade. Schweigger hade till och med genom trådantalets förminskning från 24 till 2 nedsatt kostnaden för ledningen i medeltal till 270 riksdaler på milen, medan den optiska telegrafen mellan Berlin och Köln kostade åttadubbelt.

Riktigheten af en ide är ej ensam tillräcklig att tillförsäkra honom ett allmänt erkännande. Mängden vill blifva drifven och knuffad framåt, och häruti ligger orsaken, hvarför i uppfinningarnas historia den ofta mera synes, som med outtröttlig energi endast kämpat för att genomdrifva det tänkta, än den, som frambragt sjelfva tanken. Vi se Sömmering helt och hållet uppfyld af sin uppfinnings betydelse och öfvertygad, att han, såsom han skrifver till Humphrey Davy, skulle upplefva den dag, då en telegrafkabel nedlades genom Kanalen. Denna öfvertygelse, som många torde ha delat, kunde dock ej af sig sjelf förverkligas.

Händelsen ville emellertid, att ett ryskt statsråd, baron Schilling von Cannstadt, tillhörande beskickningen i München, blef så intagen af den sömmeringska telegrafen, att han snart sagdt betraktade dess utförande i stort

som sitt lefnadsmål. Sömmering och Schilling blefvo förtroliga vänner; ty värr, blef dock den senare redan i juli 1812 af de politiska förhållandena återkallad till Petersburg, och det gemensamma sträfvandet led genom nu inträffande verldshändelser ett störande afbrott. Det oaktadt var Schilling ej overksam. Då den elektriska strömmens inverkan på en magnetnål upptäcktes af Örsted i Kjöbenhavn, sökte han strax för telegrafin tillgodogöra detta den elektriska strömmens sätt att verka, och härmed begynner den elektriska telegrafens tredje period.

Den elektromagnetiska telegrafen. Örsted tillkommer äran att (år 1819) ha upptäckt den elektriska strömmens inverkan på en magnetnål, och derefter utgingo från Schilling, Ampère och Ritchie m. fl. åtskilliga förslag att använda magnetnålens afvikning för erhållande af telegraftecken. Ampère upptäckte, att en vanlig jernbit blir magnetisk, så snart en elektrisk ström ledes omkring honom. Alla använde ett stort antal trådar, men Schilling inskränkte 1832 trådantalet till två, och derigenom erhöll problemet att på ett praktiskt sätt åstadkomma en elektrisk telegraf sin första lösning. År 1820 hade Schweigger funnit, att strömmens verkan på nålen ökas, om han får gå omkring nålen flera gånger i stället för blott en eller en half gång. På grund häraf konstruerade han sin multiplikator, som sedermera fick namn af galvanometer. Fechner i Leipzig, Davy och Alexander i England utförde likaledes telegrafer efter åtskilliga system, men som alla blifvit obemärkta. Gauss och Weber spände 1833 två koppartrådar mellan observatoriet och det fysikaliska kabinettet i Göttingen, och 1835 införskref professor Gustaf Svanberg i Upsala erforderliga apparater enligt Gauss' system, i afsigt att åvägabringa en telegrafledning mellan observatorierna i Stockholm och Upsala. Tillgångar saknades likväl att förverkliga denna ide, och det var således endast en penningfråga, som beröfvade Svanberg äran att för telegrafering på längre afstånd först ha begagnat telegrafapparat i Sverige. Gauss och Weber hade med magnetnålens afvikningar kombinerat ett chiffersystem och tillskickade hvarandra depescher. Oaktadt sin ändamålsenliga inrättning, ledde dock deras telegraf ej till något resultat.

Vid studiet af vetenskapernas historia är det i högsta grad intressant att se, huru gammal ofta mången ide blifvit, huru tidigt han kan uppdyka och erkännas, men det oaktadt läggas å sido och glömmas, emedan förhållandena ännu ej erbjuda passande jordmån, i hvilken det lilla fröet kan gro, och ingen finnes, som känner behof af och längtar efter dess frukt.

Hvem finner ej en märkvärdig öfverensstämmelse mellan den nyss omtalade apparaten och den ide, hvilken framställes i Daniel Schwenters "Matematisch-philosophischen erquickstunden", som utkom i Nürnberg 1636. På sidan 346 läses:

"Huru två personer kunna på afstånd göra sig förstådda medelst en magnetnål: Om Claudius vore i Paris och Johannes i Rom och den ene ville underrätta den andre om något, måste hvar och en hafva en magnetvisare eller

liten tunga och bestryka den så kraftigt med en magnet, att de åstadkomme rörelse på hvarandra mellan Paris och Rom" o. s. v.; samma ide återfinnes för öfrigt i Kirchers "De arte magnetica".

Ligger ej vår telegrafs väsen fullständigt angifvet i denna beskrifning? Visserligen, men det är dock en skilnad mellan en fantasibild, som händelsevis uppstår i hjernan, och den medvetna utvecklingen af en tanke, som tager både förmåga och vilja i beräkning och, om han finner afståndet mellan dem allt för stort, söker efter medel och utvägar att närma dem till hvarandra. Sinnrik är denna tidiga ide utan tvifvel, men fruktbärande har han under sin tvåhundraåriga tillvaro ej visat sig. Ja, af dem, som vi hafva att tacka för den elektromagnetiska telegrafens uppfinning, har sannolikt ingen tagit närmare kännedom derom.

Allra minst var detta förhållandet med Schilling, som emellertid dragit sig tillbaka till sina gods och der syselsatte sig med den elektromagnetiska telegrafens fullkomnande. Tiden, när han uppfunnit sin apparat, är ej med visshet känd. Offentligt uppträdde han första gången dermed den 23 september 1835 på det tyska naturforskar- och läkarmötet, och det var genom ordföranden i afdelningen för fysik och kemi vid detta möte, professorn i fysik Muncke från Heidelberg, som den schillingska elektromagnetiska telegrafen blef närmare känd, då Muncke sedermera på sina föreläsningar inför ett stort auditorium anstälde försök dermed.

Principen för sin apparat hemtade Schilling från den schweiggerska multiplikatorn. Genom utslag af fem magnetnålar telegraferades tal, hvilkas betydelse angafs af ett sifferlexikon. Muncke telegraferade med en sådan apparat, hvars tråd genomlöpte flera salar.

En af dessa föreläsningar bivistades af en engelsman, William Fothergill Cooke, som enligt eget erkännande ej hade den ringaste ide om fysikaliska experiment. Genom en landsman gjord uppmärksam på den nya uppfinningens märkvärdiga verkningar och öfverraskad af det förvånande resultatet, lät han, då tanken på ekonomisk vinst genast uppstod hos honom, förfärdiga en modell af den schillingska telegrafen och begaf sig dermed till London. Detta inträffade 1836, intill hvilken tid engelsmännen ej hört synnerligt mycket om den elektriska telegrafen eller åtminstone ej lagt synnerligt märke till hvad de derom hört. Cooke tog saken från hennes rätta sida. Han vände sig först till Faraday och, sedan han blifvit af honom afvisad, till den berömde fysikern Wheatstone, förelade honom den "mönckeska telegrafen", såsom han af obekantskap med uttalet af namnet Muncke kallade honom, och föreslog, att de skulle gemensamt verka för den elektriska telegrafens införande i England (27 februari 1837). Wheatstone och Cooke träffade äfven en öfverenskommelse och togo i maj 1837 tillsammans patent på en förbättring (improvement) af den elektriska telegrafen. Det första större försöket gjordes den 25 juli, då man telegraferade medelst en flera engelska mil lång tråd, som till en del var spänd flera hvarf fram och tillbaka i en stor bygnad, till en del utefter Birminghamjernvägen från Euston square till Camden town.

Försöket lyckades på ett utmärkt sätt, och den elektriska telegrafen blef nu det allmänna samtalsämnet för dagen. Deras telegraf användes vid Great-Westernbanan på en sträcka af 6 svenska mil. England var således det första land, som använde den elektriska telegrafen på längre afstånd. Cooke och Wheatstone voro i allas mun, men ingen tänkte på den egentlige uppfinnaren, som just dog vid denna tid (den 6 augusti), sannolikt utan att ha någon aning om följderna af sin uppfinning. Hade Schilling fått lefva längre, skulle telegrafväsendets utveckling på kontinenten säkerligen gått betydligt hastigare, än som nu skedde. Särskildt blef utförandet af en ledning, hvarmedelst han öfver Finska viken ville sätta Kronstadt i telegrafisk förbindelse med Peterhof, i följd af hans död uppskjutet till en obestämd framtid.

Om engelsmännen ansågo Wheatstone och Cooke för telegrafens uppfinnare, bör detta kanske mera tillskrifvas en förlåtlig nationalfåfänga än ett af Wheatstone sjelf gjordt anspråk. Tvärtom betecknar den utmärkte vetenskapsmannen i den beskrifning, som bifogades patentansökningen, uttryckligen sitt verk blott som en förbättring.

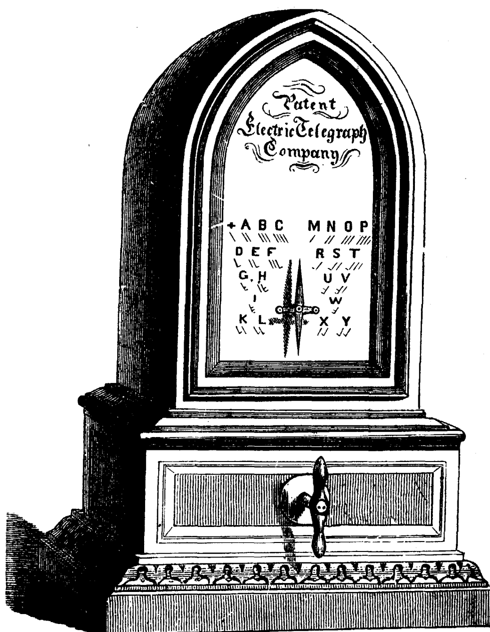


Fig. 375. Wheatstones och Cookes nåltelegraf.

Den schillingska telegrafen hade fem horisontalt svängande magnetnålar, af hvilka hvar och en uppbar en liten lodrätt stående, på båda sidorna olika betecknad pappersskifva. I hvila vände denna skifva sin skarpa kant mot betraktaren och blef först synlig, när nålen i följd af strömmen afvek åt någondera sidan. Med de sålunda åstadkomna tio tecknen kunde man sammansätta ett stort antal kombinationer, hvar och en med sin särskilda betydelse.

Wheatstone gaf nålarna en vertikal ställning och ordnade dem bredvid hvarandra så, att strömmen medelst en klaviatur alltid fördes till två af dem och dessa konvergerade emot hvarandra uppåt eller nedåt, allt efter omständigheterna. Denna nåltelegraf, på många sätt förbättrad, användes ännu mycket i England. Men då deras femnålstelegrafer ännu voro för obeqväma, upptogo Wheatstone och Cooke det gauss-weberska systemet med en enda nål, så att hvarje bokstaf, som skulle telegraferas, betecknades genom antalet af nålens ryckningar.

Fig. 375 visar oss det yttre af den till England öfverförda telegrafen. Den synliga visaren står i förbindelse med nålen inuti fodralet, hvilken genom

en vertikalt stående multiplikator bringas att gifva utslag. För att ej allenast kunna mottaga, utan äfven gifva tecken är handtaget (nyckeln) satt i förbindelse med batteriet eller med magneten å en induktionsapparat, och genom dess vridning åt ena eller andra sidan åstadkommes en ström, som på samma sätt vrider magnetnålen på den andra stationen, eller, med andra ord, handtagets och nålens rörelser följas åt. Chiffersystemet är tecknadt på framsidan af fodralet, och man ser deraf, att en afvikning till venster betyder "gif akt!" en till höger *m*, två till venster *a*, tre till venster *b*, fyra till venster *c*, två till höger *n*, tre till höger *o*, fyra till höger *p*, en till venster och en strax derpå åt höger *d*, två till venster och en till höger *e*, först en till höger och så en till venster *r* o. s. v.

Efter framställningen af denna enkla apparat förenade patentinnehafvarna två nålar och skapade den så kallade dubbelnålstelegrafen, som i grunden ej innehåller något nytt, men erbjuder den fördelen, att man med tre afvikningar kan gifva lika många tecken som förut med fyra. Fig. 376 åskådliggör inrättningen af det chiffersystem, som härvid följes. Man låter stället, der den åsyftade bokstafven står, betecknas af utslagets riktning, men deremot dess återupprepande angifva bokstafven. Ett enkelt utslag af den venstra nålen åt venster betyder alltså +, tecknet för gif akt! eller för afslutningen af ett ord, ett dubbelt till venster betyder *a*, ett trefaldigt till venster *b*, deremot ett trefaldigt utslag till venster af den högra nålen *k* o. s. v. De öfre tecknen åstadkommas med endera nålen, de undre med båda tillsammans. Största olägenheten är, att han fordrar två linietrådar.

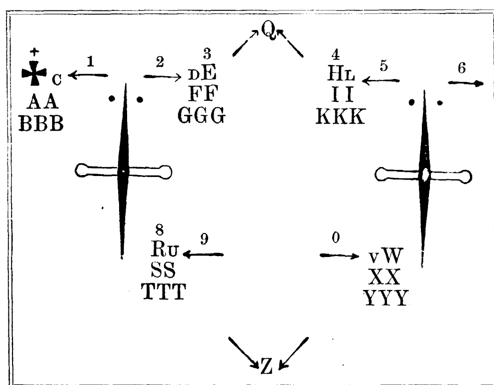


Fig. 376. Wheatstones och Cookes dubbelnålstelegraf.

Telegraferingen med nålar efter Gauss' och Webers system hade två olägenheter: för det första kunde hon endast utföras af personer, som lärt sig det derför uppfunna alfabetet, så att de kunde fort läsa och skrifva det samma; för det andra var man, då telegrafen ej gaf något varaktigt tecken, i afseende på säkerhet och noggranhet beroende af den mottagande tjenstemannens uppmärksamhet. Hufvudsakligen för att afhjelpa sistnämda olägenhet uttänkte professor Steinheil i München, som från början mycket syselsatt sig med telegrafi, en skriftelegraf. Ännu innan Wheatstone och Cooke utfört sitt första större försök, hade Steinheil sin nya apparat färdig (i medlet af juli 1837). Han hade anlagt ledningen från sitt hem vid Lerchenstrasse till vetenskapsakademins hus och derifrån till observatoriet i Bogenhausen. Trådarna gingo ofvan jord, dels på stolpar, dels öfver hustaken. Magnetnålarna voro i ändarna försedda med små färgpenslar eller koppar, från hvilka färgen

utsipprade, och tryckte vid sitt utslag dermed mot en pappersremsa, hvilken medelst ett urverk rörde sig framåt med likformig hastighet. Dessutom hade Steinheil anbragt akustiska signaler, i det han lät nålarna slå emot klockor af olika tonhöjd, så att ögat och örat kunde ömsesidigt kontrollera hvarandra. Liksom på den gauss-weberska telegrafen, frambragtes äfven här den elektriska strömmen genom en rotationsapparat.

Visartelegrafen. Emellertid hade Wheatstone fått den lyckliga iden att låta den elektriska kraften verka på ankaret i ett urverk, som drogs af lod eller fjäder och genom strömmens slutande och afbrytande kunde sättas i gång eller bringas att stanna. Dermed var visartelegrafen uppfunnen. På en sådan visartelegraf efter Wheatstones ide hade Davy den 4 januari 1839 tagit patent; men han befans allt för invecklad och ersattes året derpå af en än-

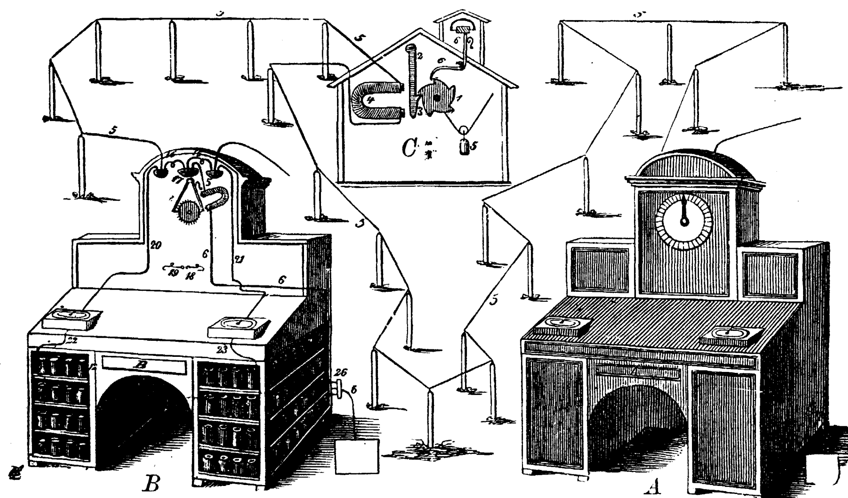


Fig. 377. Skematisk afbildning af Wheatstones visartelegraf.

damålsenligare, af Wheatstone sjelf utförd konstruktion. På denna apparat vände sig visaren öfver en med bokstäfver och siffror försedd tafla och hopstafvade sålunda bokstaf för bokstaf det önskade meddelandet, i det han bragtes att stanna öfver det åsyftade tecknet. Derför kallas också dessa i England ännu brukliga apparater allmänt wheatstoneska visartelegrafer.

Då denna apparat tjenat till utgångspunkt för en hel klass af telegrafer, torde några ord om dess inrättning här vara på sin plats.

Medan på nåltelegrafen hufvudsaken var en magnetnål, som påverkades af den elektriska strömmen, är det väsentliga här ett stycke mjukt jern, som genom strömmens inverkan förvandlas till en magnet. Genom att omvexlande sluta och öppna den elektriska kedjan, i hvilken elektromagnetens trådlindning är insatt, blir ett framför henne befintligt jern, ankaret, än attraheradt, än

åter lössläpt, sålunda en dubbel rörelse åstadkommen, som på åtskilligt sätt kan användas till frambringande af tecken.

I vår första afbildning (fig. 377) är *A* afsändnings-, *B* mottagningsorten, utan afseende på om de båda ändstationerna ligga 5 eller 500 mil från hvarandra. Deremellan kan, såsom *C* antyder, en eller flera stationer ligga. Telegrafträden är betecknad med 5 och ledes på stolpar från station till station. Apparaterna äro lika på alla stationer. *A* ger en bild af det yttre, *B* en sådan af den inre inrättningen. Det galvaniska batteriet, som naturligtvis äfven kan ersättas genom en magnetisk rotationsapparat, befinner sig i nedre delen af skåpet.

Hufvuddelarna af den egentliga telegrafapparaten äro i den andra afbildningen (fig. 378) framstälda i något större skala. *A* är der den å pulpeten synliga taflan, som i sin periferi innehåller 22 bokstäfver (x och y fattas; v och w utmärkas med samma tecken) och 10 siffertecken, mellan hvilka öfverst

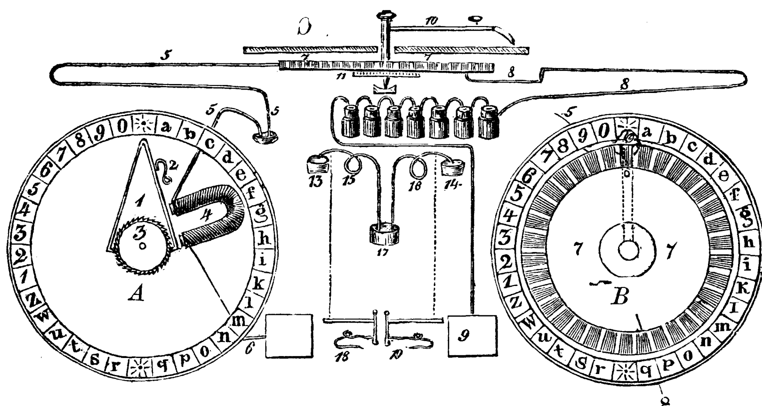


Fig. 378. Taflorna på den wheatstoneska visartelegrafens mottagnings- och afsändningsapparater.

och underst små stjernor äro insatta. Denna tafla tillhör mottagningsapparaten och taflan *C* afsändningsapparaten. *C* (i *B* tecknad i plan) är placerad på pulpetskifvan och kan röras med handen, medan visaren på mottagningsapparaten endast kan flyttas från den andra stationen genom kedjans öppnande och slutande.

Visaren sitter nämligen vid en genom skifvans medelpunkt gående rörlig axel, hvilken, i likhet med urens visaraxel, invändigt har ett steghjul, hvaruti ett ankare (såsom i fig. 378) på båda sidor ingriper. Ankarets tänder äro så stälda, att alltid den ena ingriper i hjulet och under ankarets fram- och återgående flyttar hjulet en kugge i sönder framåt.

Hvar gång nu en ström går fram genom tråden, inträffar, att hästskojernet *4* blir magnetiskt, ankaret attraheradt och det genom en tyngd spända lilla hjulet *3* rycker en kugge framåt. Öppnas kedjan åter, trycker fjädern *2* ankarets högra skängel från det nu ej längre magnetiska hästskojernet,

hvarvid hjulet framskjutes ytterligare en kugge. Hvarje ström åstadkommer ett framryckande af två kuggar, och då hjulet har dubbelt så många kuggar som de på mottagningsapparatens skifva anbragta tecknen (i detta fall 68), förflyttar sig den med hjulet *3* förbundna visaren på mottagningsstationen hvar gång en bokstaf framåt.

Tjenstemannen i *A* (fig. 377) har sin afsändningsapparat till höger om sig ofvanpå pulpeten, och i följd af den fullkomliga likheten mellan verkens mekanism skall alldeles samma bokstaf, som han berör med sin vef, angifvas på mottagningsapparatens skifva i *B*.

Afsändningsapparatens inrättning se vi i fig. 378, der man finner denna vigtiga del af apparaten tecknad så väl i plan (*B*) som i genomskärning (*C*). I den senare föreställer *7* en kopparskifva, hvars omkrets har 34 tänder, så att den ström, som går genom den derpå släpande ledaren *5*, blir 34 gånger afbruten. Mellanrummen mellan tänderna äro utfylda med trä, horn, elfenben eller något dylikt ej ledande ämne. Strömmen sjelf går från batteriet genom tråden *8* till kopparskifvan och blir således, då tråden träffar en metalltand, förd vidare till elektromagneten *4*. Sedan han genomlöpt dennes omvindningar, fortsätter han genom tråden *6* till jordplåten och går, fortplantad genom jorden och upptagen af den andra stationens jordplatta *9*, tillbaka till batteriet. Hvarje framryckande af vefven *10* och på samma gång af skifvan en tand motsvaras således af visarens framskridande en bokstaf å mottagningsapparatens skifva. För att efter behag kunna telegrafera åt det ena eller andra hållet från en mellanstation begagnas s. k. strömomkastare.

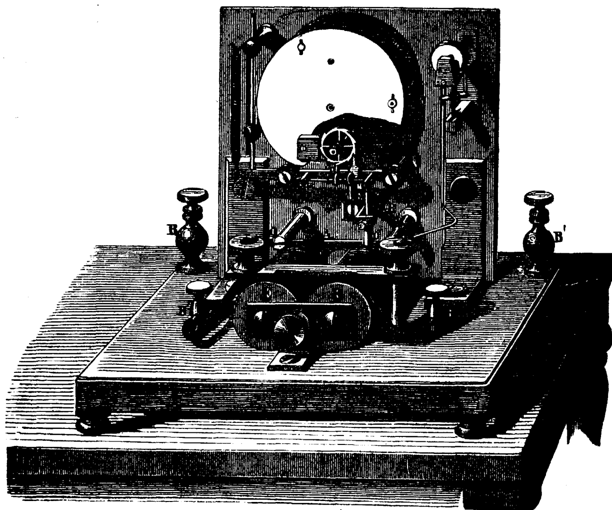


Fig. 379. Visartelegrafens apparat, sedd bakifrån.

För öfrigt äro apparaterna försedda med väckare och andra hjelpmedel, på hvilkas närmare beskrifning vi dock ej kunna inlåta oss. Lika litet anse vi det tillhöra vår uppgift att redogöra för de mångahanda förbättringar eller förändringar, som, för att tillfredsställa olika fordringar, blifvit utförda och här och der kommit till användning. I fig. 379—381 gifva vi emellertid några afbildningar, utvisande den konstruktion, som dessa apparater genom Breguet erhållit. Fig. 380 förklarar sig sjelf. På fig. 379 är *EE* elektro-

magneten, hvilken genom sin periodiska magnetisering attraherar det på axeln *O O'* rörliga jernstycket *A*, som, då strömmen i elektromagnetens lindningar upphör, åter lössläppes. Ankaret *A:s* rörelser öfverföras genom häfstången *L* till steghjulet, som är så inrättadt, att det vid hvarje rörelse af ankaret vrider sig en kugge. Steghjulet får sin rörelse af ett urverk, som ej kan synas på ritningen. På andra sidan sitter vid en axel visaren.

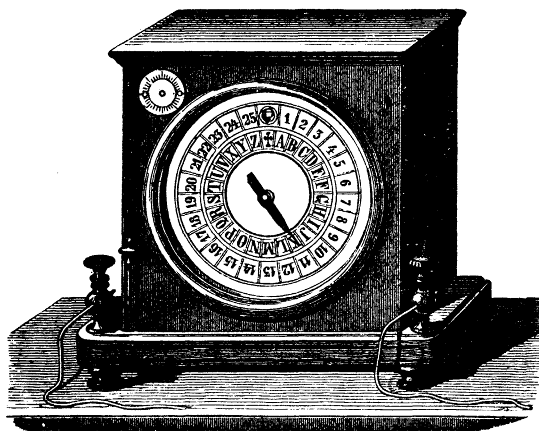


Fig. 380. Visartelegrafen, sedd framifrån.

Den apparat, hvarmed tecknen gifvas, manipulatorn, är framställd i fig. 381. Dess hufvuddel är häfstången *AB*, som är rörlig omkring punkten *O* och vid ändan *B* står i ledande förbindelse med telegrafträden *L*, hvilken slutar i nyckeln *N*. Midt emot den andra armen *A* står en metallisk ledning *P'*, som genom tråden *P* är förbunden med batteriet. Ligger ändan af häfstången *A* an mot häfstången *P'*, är, då den andra ändan *B* fortfarande står i ledande förening med telegrafträden *L*, kedjan sluten och strömmen har fri gång genom linien. Men så snart *A* åter lösgöres från *P'*, afbrytes strömmen, och detta inträffar hvarje gång, då ändan *B*, hvilken af ett stift föres i en vågformigt slingrande ränna, som å sin sida står i förening med veffen *M*, kommit midt i fördjupningen mellan ett par vågor eller intar just det läge, som figuren utvisar.

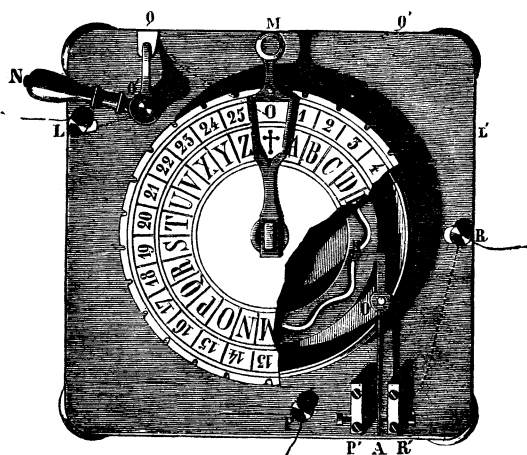


Fig. 381. Manipulatorn.

Sådana fördjupningar har rännan lika många, som taflan innehåller bokstäfver eller andra tecken, och det är sålunda tydligt, att strömmens omvexlande slutning och afbrytning skall angifva samma bokstäfver å den andra stationens mottagningstafla, som här angifvas medelst manipulatorn. Ett långsamt arbete med visartelegrafen fordrar ingen synnerlig öfning, hvarför sådana apparater också vid telegraferingen på jernvägarna erbjuda vissa fördelar; men för att vinna får-

dighet erfordras lika stor öfning som för inlärande af telegrafering på morseapparater och flera nyare inrättningar. Emellertid är tiden, som åtgår för afsändning af ett telegram, jemförelsevis stor, då visaren blott kan röras i en riktning och, för att nå en i alfabetet bakom liggande bokstaf, måste föras rundt omkring hela taflan. Skall t. ex. ordet amor telegraferas, är det visserligen nog att öfverfara mottagningstaflan en enda gång; telegrafisten stannar först på *A*, låter derefter visaren, medan han afbryter strömmen 11 gånger, framrycka till *M* och hvilar här åter ett ögonblick, går derefter till *O* och slutligen till *R*. Men omvändt, om ordet Roma skall telegraferas, måste han först signalera ordet *R*, derpå genomlöpa hela omkretsen till *O*, derefter åter i det närmaste fullborda ett helt omlopp för att komma till *M* och slutligen, efter att 4 gånger ha fört visaren omkring hela taflan, stanna vid *A*. Denna besvärliga omväg har mycket bidragit att förskaffa morseska telegrafen det gynsamma mottagande, han funnit.

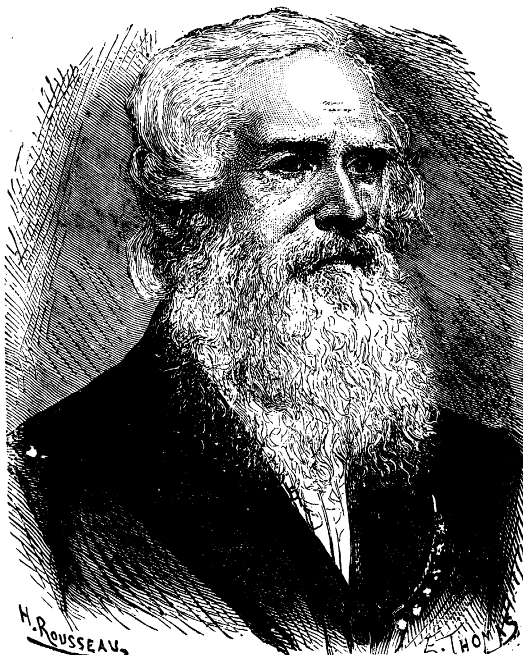


Fig. 382. Samuel Morse.

Steinheils uppfinning. År 1838 fann Steinheil, att blott den ena ledningstråden vore behöflig och att jorden mycket väl kunde användas i stället för den andra. Trådkostnaden minskades härigenom till hälften, hvilket åter hade till följd, att telegrafliniernas antal kunde betydligt ökas, då den dubbla ledningen och den ansenliga kostnad, hon medförde, hittills utgjort ett stort hinder för den nya uppfinningens allmännare utbredning. Steinheil sökte först använda jernvägsskenorna i stället för den ena ledningstråden, och det var just vid de försök, han för detta ändamål anstälde på jernvägen mellan Nürnberg och Fürth, som han fann, att ej heller de vore för ändamålet behöfliga, utan att jorden ensam vore fullt tillräcklig att tjenstgöra som återledande tråd. Jord är visserligen mycket sämre ledare för elektricitet än metall, men å andra sidan är jordmassan så stor, att metallens ledningsförmåga derigenom icke allenast ersättes, utan äfven öfverträffas. För att dock den elektriska strömmen lätt må kunna öfvergå från den smala tråden till jorden, låter man tråden afslutas med en stor kopparplåt, som nedgräfves, helst i fuktig mark.

Morses elektromagnetiska telegraf. Det har blifvit påstådt, att Morse redan 1832 under en resa från Europa till Amerika om bord på skeppet Sully uppfunnit den elektromagnetiska telegrafen. Morse, en infödd amerikan och född i Charleston den 29 april 1791, hade varit i Europa för att utbilda sig till målare och egde då föga insigt i fysik. En af passagerarna, en dr Jackson från Boston, hvilken stundom underhöll sällskapet om bord med experiment med en elektromagnet och en Voltas stapel, hade möjligen hos Morse väckt tanken på en elektromagnetisk telegrafi, och 1837, då underrättelsen om Steinheils telegrafiska inrättning i München nådde Amerika, hade de försök, hvilka han sedan flera år tillbaka anstält tillsammans med professorn i kemi dr Gall och på hvilka han, då den amerikanska regeringen ville inrätta optiska telegraflinier, skaffat sig patent, länge varit kända. År 1835 förevisade Morse sin första telegrafapparat i New-York. Elektromagneten i denna apparat hade en vigt af 186 skålpund, och härutaf kan man göra sig ett begrepp om inrättningens otymplighet. Den stora vigten härrörde hufvudsakligen deraf, att Morse använde så grof lindningstråd. Hvar och en af elektromagnetens skänglar höll 18 tum i diameter och $3\,^1/_2$ tum i höjd. Det första telegrammet, som afsändes, bestod af fem ord, och för att åstadkomma dem måste man afgifva 143 tecken. I detta sitt ofullkomliga tillstånd vann Morses telegraf föga sympati hos amerikanerna, hvilket bäst bevisas deraf, att Morse 1839 åter började med måleri och senare med daguerrotypi. Då slutligen den elektriska telegrafens användbarhet var pröfvad i England, lyckades Morse i mars 1843 af regeringen erhålla ett anslag af 30000 dollar för anläggande af en telegraflinie mellan Washington och Baltimore. År 1844 blef denna telegraflinie fullbordad, och den första depeschen gick igenom tråden den 27 maj. Men de då använda apparaterna voro ännu högst bristfälliga, och först sedan Morse åter varit i Europa och 1845 medfört en modell från Frankrike, efter hvilken han ändrade sina apparater, kunde hans system utbilda sig och erhålla praktisk betydelse.

Morses system har visserligen ej någon ny, originel tanke att tacka för sin allmänna utbredning, utan snarare det egendomliga i sättet för tecknens gifvande, som sker derigenom, att ett stift, som af ankaret föres fram och tillbaka, derunder längre eller kortare tid tryckes mot en rörlig pappersremsa, i hvilken det åstadkommer längre eller kortare märken (fördjupningar). Nu brukliga morseapparater ha föga likhet med den af Morse konstruerade, och till och med de fördjupade märkena i pappersremsan ha blifvit ersatta af färgade tecken.

Morses telegraf antogs allmänt, och systemet blef allt mer utveckladt. Patentet, som tillförsäkrade honom eganderätten, gjorde honom till en rik och berömd man. Om vi göra ett besök på en telegrafbyrå och låta visa oss de instrument, som nu der användas och hvilka alla kallas Morses, samt fråga, hvem som gjort den eller den förbättringen, blifva vi knapt mera erinrade om Morse sjelf, ty vi höra oupphörligt andra namn, såsom Siemens och Halske, Digney frères och, särskildt i Sverige, Öller, Nyström m. fl. Genom

oupphörliga förbättringar och skarpsinniga uppfinningar hafva apparaterna bragts till sin nu varande fulländning. Att lemna en beskrifning på de mest framstående af dessa uppfinningar är här icke möjligt, emedan en sådan fordrar tekniska förklaringar, som skulle föra oss allt för långt. Vi måste nöja oss med att i några allmänna drag teckna det sätt, hvarpå en sådan telegrafapparat verkar, och skola försöka att med ledning af fig. 383 och 384 gifva en sådan teckning.

Anordningarna i det stora hela behöfva inga särskilda förklaringar. Vi se i fig. 383 batteriet, som alstrar strömmen, medan tråden antyder den rikt-



Fig. 383. På en telegrafbyrå. Telegrammets afsändande.

ning, han från den ena polen tager. Han går först och främst till nyckeln, hvarmed den telegraferande öppnar och sluter ledningen samt sålunda gifver sina tecken. Från nyckeln går han omkring en magnetnål (galvanometer), af hvars rörelse synes, om en ström verkligen finnes i ledningen; derefter genomlöper han en egendomlig inrättning, åskledaren, som har till ändamål att skydda den telegraferande och apparatérna för verkningarna af atmosferisk elektricitet (åska). Åskledaren står nämligen med sin ena afdelning i direkt förbindelse med jorden. Härifrån går strömmen genom den mer eller mindre långa ledningen *H* till mottagningsstationen (fig. 384). Här går han från ledningen *H* först till åskledaren, derefter till galvanometern och nyckeln, som nu ej står i förbindelse med batteriet, vidare till elektromagneterna och slutligen

genom tråden Z ned i jorden, genom hvilken han fortplantar sig till nyss nämda andra jordplåt (fig. 383) och sålunda sluter kedjan. De egentliga telegraferande verktygen i apparaten äro således tangenten eller nyckeln och skrifmaskinen. Båda äro särskildt afbildade på nästa sida.

Nyckeln (fig. 385) består af en häfstång af metall, som är rörlig omkring en horisontal axel. På den främre, liksom på den bakre armen finnas små metallnabbar, helst af platina; dessa kallas vanligen kontakter, oafsedt om de äro i kontakt med eller beröra någon annan punkt, och kunna efter omständigheterna tryckas mot lika beskaffade, under dem befintliga kontakter. Kalla vi häfstångens främre nabb 1, dess bakre 3 och de derunder liggande

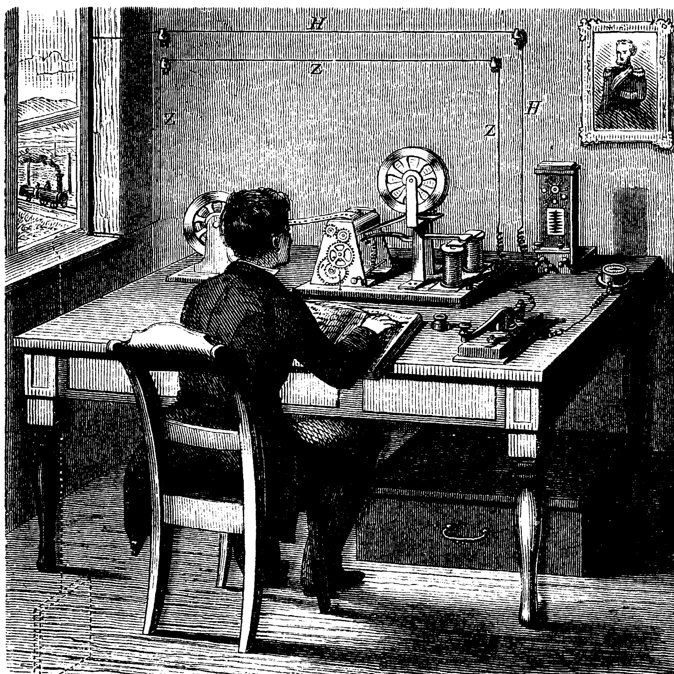


Fig. 384. På en telegrafbyrå. Telegrammets mottagande.

2 och 4, så hvilar 3 på 4, då nyckeln ej nedtryckes, utan häfstången intager den i figuren angifna ställningen. Kontakten 2, städet, står i förbindelse med batteriets ledningstråd. Ledningstråden från den andra stationen står i förbindelse med nyckelns häfstång, medan kontakten 4, klacken, förbindes med skrifmaskinens elektromagneter.

I fig. 383 måste man således tänka sig ännu en tråd från nyckeln till elektromagneten och i fig. 384 en föreningstråd från nyckeln till batteriet, om telegram ej blott skola afsändas, utan äfven mottagas. Dessa trådar äro för enkelhetens skull i våra teckningar utelemnade. Då en depesch ankommer, genomlöper den elektriska strömmen nyckelns häfstång till kontakterna 3 och 4, från

4 till skrifmaskinen, allt under det kontakterna 1 och 2 äro åtskilda. Afsändes deremot ett tecken, äro 3 och 4 åtskilda, och så länge häfstången tryckes mot städet, går strömmen ut på linien.

Man kan således efter behag framkalla strömmar af längre eller kortare varaktighet, och detta är af stor vigt. Så länge strömmen genomlöper skrifmaskinens lindningar *MM'* (fig. 386) på mottagningsstationen, förblifva de deri befintliga jernen magnetiska och attrahera det deröfver hängande jernstycket *B*. Under samma tid tryckes äfven det å den andra armen *A* befintliga stiftet *O* mot pappersremsan, som genom valsarna *V* och *W* afvecklas i pilens riktning från rullen *R*, och åstadkommer på detta sätt med sin spets kortare eller längre fördjupningar, punkter eller streck. När magnetismen försvinner, drager fjädern *f* spetsen tillbaka och upplyfter på samma gång jernplattan *B* från elektromagneten. Valsarnas rörelser åstadkommas genom ett urverk, som drifves af en vigt *G* eller en fjäder. Storleken af den rörelse, som skrifmaskinens häfstång beskrifver omkring axeln *C*, bestämmes af två små ställskrufvar *m* och *n*. För att stiftet må kunna åstadkomma tydligare märken i papperet, är valsen midt för stiftet refflad.

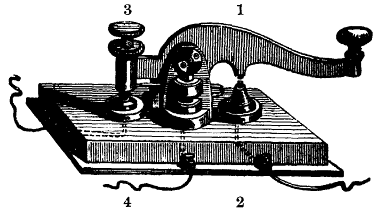


Fig. 385. Tangent eller nyckel.

Morse har ett för ändamålet mycket lämpligt alfabet, bildadt genom kombination af punkter och streck, hvilket jemte hans apparater är antaget i nästan alla länder. Vana telegraftjenstemän kunna till och med endast af ljudet, som skrifapparaten gör, uppfatta, hvad som telegraferas. För öfrigt har man uppfunnit särskilda apparater, genom hvilka ljudet kan ännu lättare uppfattas. Som exempel kan nämnas Öllers restelegraf, som icke en gång är konstruerad för pappersremsa, utan endast afser att begagnas som en ljudande teckengifvare.

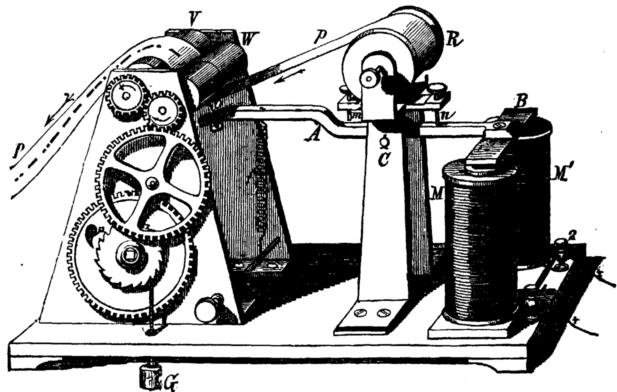


Fig. 386. Morses skrifmaskin.

Inrättningar, som skydda mot åska, voro till sin ide kända långt före den elektriska telegrafen. I afseende på den atmosferiska elektriciteten förhåller sig nämligen telegrafen med sin jordledning alldeles som en jättelik åskledare; trådarna ladda sig stundom till den grad med elektricitet, att en afbrytning af ledningen till jorden, som under arbetet med nyckeln fortfarande eger rum, kan för tjenstemannen blifva i högsta grad farlig. Man har derför anbragt

en särskild afledning för luftelektriciteten, i det man vid tråden applicerat ett instrument, bestående af två refflade plåtar eller mot hvarandra stående, men ej hvarandra berörande spetsar. Den ena plåten (eller spetsen) sättes i direkt förbindelse med jorden.

Oaktadt plåtarnas eller spetsarnas ringa afstånd från hvarandra, har den galvaniska strömmen ej nog spänning att kunna öfverhoppa mellanrummet och nedströmma i jorden, utan fortlöper hellre i ledningstråden; luftelektriciteten deremot, som hopar sig i tråden, springer lätt öfver mellan spetsarna och urladdar sig i jorden, antingen nyckeln arbetar eller ej.

A	. —	I	. .	R	. — .
Ae	. — . —	J	. — — —	S	. . .
B	— . . .	K	— . —	T	—
C	— . — .	L	. — . .	U	. . —
D	— . .	M	— —	Ue	. . — —
E	.	N	— .	V	. . . —
E′	. . — . .	O	— — —	W	. — —
F	. . — .	Oe	— — — .	X	— . . —
G	— — .	P	. — — .	Y	— . — —
H	. . . .	Q	— — . —	Z	— — . .

Fig. 387. Morses alfabet.

Trycktelegrafen. Önskvärdheten af en qvarstående synlig skrift ledde redan tidigt tanken på konstruerandet af en apparat, som kunde återgifva telegrammet i en för hvem som helst begriplig skrift, och ej blott i chiffer, hvars lösning fordrar en särskild kännedom om systemet. Få vi taga det af Morse 1847 gjorda meddelandet efter orden, har redan våren 1837 amerikanen Vail konstruerat en apparat, hvilken med typer tryckte de telegram, som af den galvaniska strömmen öfverfördes till mottagningsstationen. 1841 utstälde Wheatstone en trycktelegraf i polytekniska samfundet i London, och 1847 Morse en annan dylik. Sedan dess har antalet af sådana apparater betydligt ökats, och helt säkert har hvar och en, som syselsatt sig med telegrafapparaternas förbättrande, sökt uppnå detta ideal för telegrafiskt meddelande. Att det oaktadt så lång tid förgick, innan någon af de många trycktelegraferna kom i allmänt bruk, får man söka i deras invecklade inrättning, hvilken åter var en naturlig följd af de stora anspråk, man gjorde på en sådan, men i synnerhet deruti, att Morses apparat i afseende på hastigheten uppnått en sådan fulländning, att trycktelegrafen i jemförelse dermed ej erbjöd några praktiska företräden.

Först den af amerikanske professorn Hughes konstruerade apparaten uppfyller dessa anspråk fullständigt, ja, medgifver en långt hastigare telegrafering än till och med de bästa morseapparater. Då hans behandling dessutom är mycket lätt inlärd, skulle han redan ha slagit alla andra apparater

ur brädet, om ej hans mekanism äfven vore så fin och ömtålig, att reparationer derå blott kunna utföras af särdeles skickliga instrumentmakare, och sådana stå ej öfver allt till buds. Hughes' trycktelegraf är i sanning ett mekaniskt under, vitnande om den högsta genialitet, och förtjenar äfven derför att tagas i närmare betraktande.

Innan vi öfvergå till sjelfva apparatens beskrifvande, vilja vi i korthet antyda vilkoren för möjligheten att konstruera en trycktelegraf.

Vi kunna lätt tänka oss ett på en kringgående axel fäst hjul, i hvars omkrets de särskilda bokstäfverna äro skurna i relief. Dessa bokstäfver matas med tryckfärg af en dermed indränkt filtrulle, verkande ungefär som färgtrissan på en digneyapparat. Midt under typhjulet ligger en pappersremsa. Det erfordras nu endast, att denna remsa tryckes mot hjulet just i det ögonblick bokstafven, som skall telegraferas, befinner sig midt för antryckningsstället. Remsan måste vidare framflyttas något, innan hon tryckes mot nästa bokstaf, som skall telegraferas, så att de båda bokstäfverna komma på lagom afstånd från hvarandra på remsan.

Om man på afsändningsstationen kunde veta, hvilket ögonblick på mottagningsstationen den bokstaf, som skall aftryckas, befunne sig midt för pappersremsan, skulle man kunna passa på och just då utsända en ström för att trycka remsan mot hjulet. Detta skulle man kunna få veta, om man stälde så till, att typhjulen på begge stationerna följdes åt, det vill säga, att å båda apparaterna samma bokstaf i samma ögonblick passerade antryckningspunkten eller det ställe, der aftrycket skall ske. Sjelfva typhjulets rörelse kan man tänka sig böra i rätta ögonblicket vid afsändningsstationen åvägabringa den kontakt, d. v. s. slutning af strömmen, som vid mottagningsstationen åstadkommer pappersremsans tryckning mot typhjulet. Är nu hjulens ställning lika vid begge stationerna, sker antryckningen just mot den bokstaf, som motsvaras af afsändningsstationens bokstaf eller den dermed i samband stående kontakten. Hvarje bokstaf har således sitt kontaktstäd, som motsvarar städet i en nyckel och således står i förening med batteriet. Alla dessa städ måste vara rörliga, så att det ena efter det andra kan framflyttas för att nås af linietråden eller rättare den del af apparaten, som står i förbindelse med linietråden, och derigenom i rätta ögonblicket göra tjenst som kontakt.

Denna framflyttning, som först eger rum, då bokstafven i fråga kommer midt för antryckningspunkten, kan man för enkelhets skull tänka sig på förhand förberedd eller möjliggjord genom en annan mekanisk åtgärd, som tillåter denna och ingen annan bokstaf att först blifva föremål för hela operationen. I fråga varande mekaniska åtgärd framkallas derigenom, att den ena tangenten efter den andra å en klaviatur, som står i förbindelse med kontakterna, nedtryckes bokstaf för bokstaf, utan att man dervid behöfver göra afseende på tiden mellan hvarje tryckning, ty kontakten uppstår i alla fall hvarken förr eller senare, än de bokstäfver, som äro i fråga, komma midt för antryckningspunkten å båda typhjulen.

Hughes' apparat. Den elektriska strömmen utsändes på linien af en släde, hvilken, i likhet med en karusellkälke och med en hastighet af två hvarf i sekunden, löper på en rund skifva. Hans rotation sammanhänger medelst hjulvexel på det noggrannaste med typhjulets, så att när ett visst bokstafstecken på den runda skifvan passeras af den ledande punkten af släden, är samtidigt samma bokstaf på typhjulet midt öfver pappersremsan, hvarför denna endast behöfver ögonblickligt tryckas emot det förra, för att bokstafven skall framträda på papperet.

Bokstäfverna på omnämda runda skifva representeras af små metallstift, hvilka upptryckas till kontakt med den förbiilande släden genom en klaviatur, hvars tangenter motsvara bokstäfver och siffror eller skiljetecken. Ett stifts beröring med släden åstadkommer strömmens utsändande genom apparatens elektromagneter och vidare ut på linien till den andra stationen. Ankarets häraf förorsakade rörelse utlöser en mekanism, som verkställer papperets antryckning mot den afsedda typen, dess frammatning m. m.

Har nu den lika konstruerade apparaten å mottagningsstationen fullkomligt samtidig gång, aftryckes äfven der på lika sätt samma bokstaf. Urverken i de båda apparaterna, den afsändande och den mottagande, måste följaktligen före telegraferingens början medelst regulatorer justeras till möjligast lika rotationshastighet. Medelst en tryckknapp utlösas derefter typhjulen från de i gång varande verken och stannas i samma ställning å begge stationerna. Telegraferingen börjas alltid först med den tangent, som motsvarar bokstafven vid antryckningspunkten af det stillastående typhjulet, då det genom den elektriska strömmen påverkade ankaret ögonblickligt sammankopplar typhjulen med urverken. Då sålunda typhjulen, som stillastående hade lika ställning, sättas i gång i samma ögonblick och i sin rörelse ha lika hastighet, inses, att alltid liknämnigt skrifttecken i hvarje tidsmoment å begge stationerna kommer att svänga öfver pappersremsan. Nedtrycker den afsändande tjenstemannen t. ex. tangenten *M* å klaviaturen, höjes derigenom stiftet *M* i den runda skifvan; den kringsvängande släden kommer i kontakt med stiftet i samma ögonblick, som bokstafven *M* å typhjulen på begge stationerna befinner sig midt för papperet; denna kontakt åstadkommer strömmens ledning genom elektromagneter och linie, ankarets rörelse, papperets upptryckning och frammatning å begge stationerna — allt på den korta tiden af $^1/_4$ sekund ifrån stiftets beröring med släden. Släppes derpå tangenten *M*, nedfaller motsvarande stift under den runda skifvans yta, så att det ej vidare kan beröra släden, och t. ex. bokstafven *U* kan hinna aftelegraferas inom samma omlopp af typhjulen, om expeditören tillräckligt hastigt nedtrycker motsvarande tangent.

Men äfven om släden skulle behöfva göra ett helt omlopp, innan han träffade stiftet för bokstafven U, måste dock alltid på två omlopp, d. ä. på en sekund, två bokstäfver kunna aftelegraferas. Apparaten har den stora fördelen framför andra snabbskriftstelegrafer, att tjenstemännen kunna omedelbart telegrafiskt samtala med hvarandra.

Af det ofvan anförda inses, att den hugheska apparaten i öfvade expeditörers händer ej så lätt kan öfverträffas af andra; hans obestridliga företräden hafva också tillskyndat honom en användning, som dag för dag blir allt allmännare.

Olsens tryckapparat. I afsigt att vinna ännu större hastighet i telegrafering och göra telegramsändningen helt och hållet oberoende af expeditörens större eller mindre färdighet, har en norrman, mekanikern C. H. G. Olsen i Kristiania, konstruerat en tryckapparat, hvarmed man uppnår mycket större hastighet, utan att tjenstemannen behöfver lida af ett sådant ansträngande arbete, som från behandlingen af den hugheska klaviaturen är oskiljaktigt. Han har nämligen afskilt klaviaturen från apparaten, linien och batteriet. Olsens trycktelegraf består således af två, af hvarandra oberoende maskiner: sättapparaten och skrifapparaten, som genom en med papper öfverklädd gängad messingsvals stå i samband med hvarandra.

Sättapparaten utgöres af en klaviatur, der hvarje tangent betecknar en bokstaf. Vid nedtryckandet af en tangent utlöses ett urverk, den omnämda pappersklädda valsen kommer i rotation och stannar, då den punkt af hans periferi, som motsvarar den nedtryckta tangenten, kommer midt för ett huggstift, hvilket, just som valsen stannar, hugger ett nålfint hål i papperet. För att detta stift ej skall skadas mot valsen, är denna försedd med en gänga, som gör 300 hvarf omkring valsen. Då tillika huggstiftet under sättapparatens begagnande framföres i pappersvalsens längdriktning medelst en ledskruf, hvilken har samma stigning som den under papperet å valsen befintliga, inträffar, att huggstiftet, en gång riktigt inställdt, alltid slår ned i fördjupningen mellan två gängor.

Tänker man sig nu valsens cylindriska yta upplinierad och lika indelad af 28 med axeln parallela linier, och motsvarar den första linien bokstafven *a*, motsvarar följande linie bokstafven *b* o. s. v. En axel, försedd med 28 griparmar i olika ställningar, en för hvarje bokstaf, är medelst kuggvexel förenad till samtidig rotation med pappersvalsen. Skall nu ordet "af" sättas, nedtryckes tangenten *a*, och urverket kommer i rörelse. Af tangentens bakre ända upptryckes ett stift, mot hvilket griparmen *a* och hela urverket stoppas i samma ögonblick, den mot bokstafven *a* svarande delningslinien å pappersvalsen står midt under huggstiftet, hvilket då på denna punkt sticker hål i papperet. Återfår så tangenten sin frihet, nedfaller väl det griparmen återhållande stiftet, men ett spärr, som samtidigt ingriper i ett tandadt hjul, hindrar apparaten att löpa vidare. Nedtryckes sedan tangenten *f*, roterar valsen $^5/_{28}$ af ett hvarf (emedan griparmen *a* står i $64^2/_7$ graders vinkel mot griparmen *f*), och på den sjette tänkta linien å valsen stämplas likaledes ett hål. På samma gänghvarf kunna flera bokstäfver sättas, men vill man sätta samma bokstaf två gånger å rad, måste pappersvalsen rotera ett helt hvarf. Det andra bokstafshålet kommer visserligen då på samma bokstafslinie, men dock i nästa gänghvarf. I hvarje gänghvarf kan man sålunda sätta hvilken bokstaf som helst,

men endast en gång samma bokstaf. På hela valsen kunna derför sättas högst 300 stycken *a*, 300 stycken *b* o. s. v. Den sålunda med små hål öfversållade valsen öfverflyttas derefter i

Skrifapparaten, der han kommer i samtidig rotering med typhjulet. Under apparatens gång glider på pappersvalsen en liten telegrafnyckel, hvilken medelst en ledskruf framflyttas i likhet med huggstiftet på sättapparaten, så att han alltid kommer att följa mellanrummen mellan gängorna eller med andra ord den skruflinie, i hvilken hålen äro stämplade. Den lilla nyckeln består, liksom en vanlig sådan, af en tvåarmad häfstång. Den ena armen, motsvarande handtaget, liknar en krökt nål och glider under telegraferingen mot pappersvalsen samt nedfaller i de af sättapparaten stämplade hålen. Nyckelns andra ända rör sig mellan två skenor, af hvilka den öfre innehåller batteriets ena pol och den undre batteriets andra pol jemte jordledning.

Då äfven på denna nyckel telegraflinien står i förbindelse med häfstången, inträffar, att, för hvarje gång nyckeln nedfaller i ett hål, hans andra ända berör batteriskenan och strömmen går ut på linien, efter att likväl först ha passerat trådlindningarna till en polariserad relais, hvars ankare, i likhet med Hughes', utlöser tryckverket så, att skriften framträder äfven å egen apparat. I följd af valsens och typhjulets samtidiga gång är alltid t. ex. hålet *a* på valsen midt för tangenten i samma ögonblick, som bokstafven *a* på typhjulet står midt öfver pappersremsan, d. v. s. vid antryckningspunkten; nyckelns nedfallande i hålet *a* har således till följd aftryckandet af bokstafven *a*.

Sjelfva aftelegraferingen går således helt och hållet maskinmässigt, oberoende af telegraftjenstemannens färdighet. Då telegramsändningen här endast består i skötande af en maskin, kan hon ej bli så tröttande som på Hughes' apparat, der tjenstemannen, för att bibehålla samtidigheten, måste manipulera klaviaturen utan uppehåll, på samma gång han måste vara uppmärksam på texten, som skall aftelegraferas; icke en enda minuts hvila medgifves, utan att det störande inverkar på samtidigheten, som efter hvarje uppehåll måste återställas. På olsenska apparaten deremot kan man under sättningen göra hur stort uppehåll som helst mellan hvarje bokstaf, emedan valsen mellan hvarje tangents nedtryckande är i hvila, och vid afsändningen återställes samtidigheten af sig sjelf.

Apparaten har två drifkrafter: ett lod, som drager pappersvals, regulator och typhjul, samt en fjäder, som drifver tryckverket. Det ständigt gående verket har således intet men af tryckverkets momentana rörelse, såsom förhållandet blir, då blott en drifkraft användes. Den del, som korrigerar verkens samtidiga gång, är äfven ändamålsenligare än å andra dylika apparater.

Telegraferingshastigheten är i ofördelaktigaste fall 25 procent större än å Hughes' apparat, men då ordningsföljden hos bokstäfverna är gynsam, afsänder apparaten dessa med många gånger större hastighet, än som med Hughes' är möjlig. Bokstäfverna a, d, g, j, m, p, s, v, x, t. ex. telegraferas på Olsens apparat på $^2/_5$ sekund, men fordra på Hughes' $4\,^1/_2$ sekunder eller $11\,^1/_4$ gånger längre tid.

Casellis pantelegraf, liksom de s. k. kemiska telegraferna i allmänhet, grundar sig på elektricitetens förmåga att sönderdela vätskor, i synnerhet saltlösningar. Indränkes ett papper med en saltlösning, så beskaffad, att sönderdelningsalstrens färg blir olik det af lösningen fuktade papperets, och befinner sig papperet, hvilket i följd af sin fuktighet är ledande, i beröring med två på ömse sidor om det samma anbragta (metalliska) ledare, och låter man en elektrisk ström passera från den ena ledaren genom papperet till den andra, blir papperet färgadt, der strömmen passerar. Utgöres den ena ledaren af en metallspets, uppkommer en färgad prick i papperet; rör sig deremot spetsen framåt, medan strömmen går igenom, uppstår naturligtvis ett streck. Genom prickar eller streck eller bådadera i förening bildas tillräckligt tydliga bokstäfver eller huru som helst formade figurer.

Låtom oss antaga, att två stift, som befinna sig på hvar sin telegrafstation, röra sig samtidigt och likformigt fram och tillbaka öfver hvar sitt plan. Planet på afsändningsstationen kunna vi tills vidare antaga vara ett tort och således oledande papper, det på mottagningsstationen deremot på förut antydda sätt prepareradt. Om nu på det torra papperet finnas bokstäfver af ett ledande ämne, som äro i ständig förening med en ledare på motsatt sida mot stiftet och komma i förbindelse med detta, när det under sin rörelse fram och tillbaka passerar öfver dem, kan detta stift utsända en elektrisk ström i en ledning, hvar gång det passerar öfver bokstäfverna. Denna ström ger på mottagningsstationen en prick eller ett streck på det ställe af det fuktade papperet, der stiftet befinner sig, när strömmen går igenom ledningskedjan. Inrättas nu de båda stiftens samtidiga och likformiga rörelse öfver papperen så, att, om stiften t. ex. bestode af blyerts, båda papperen blefve fullinierade med tätt invid hvarandra löpande parallela streck, komme nästan hvarje punkt af de ledande bokstäfverna i beröring med det strömutsändande stiftet och blefve sålunda återgifven af en till läget motsvarande färgutfällning å det preparerade papperet på mottagningsstationen. Konturerna af teckningen å papperet på afsändningsstationen kunna således mer eller mindre sammanhängande återgifvas å papperet på mottagningsstationen.

Emellertid använder Caselli å afsändningsstationen, i stället för oledande papper med ledande stift, ledande papper (tennfolium), på hvilket skrifves med tjockt flytande, oledande bläck; batteriet är ständigt ställdt utåt linien, men verkar ej på denna, när stiftet är i beröring med det ledande papperet, då det inom stationen får en kedja med mindre motstånd att verka uti. Hufvudsakliga uppgiften består i att åstadkomma en lika gång hos de båda stiften. De dragas af hvar sin pendel, hvars kulor till en del bestå af jern, som, hvar gång pendeln är nära att fullborda ett halfslag, attraheras af en elektromagnet. Elektromagneten sättes då i verksamhet af pendeln sjelf, hvilken vid nämda tidpunkt berör en fjäderkontakt, hvarigenom en särskild elektrisk ström ledes igenom elektromagnetens lindningar. Pendeln skulle i följd af denna attraktion kunna qvarblifva i sitt yttersta sidoläge, om ej sistnämda ström afbrötes medelst en kortare kronometerpendel, hvilken under sina sväng-

ningar skiftevis berör och aflägsnar sig från en mikrometerskruf med tillhörande kontaktfjäder och i sistnämda fall afbryter ledningen för den lokala strömmen. Medelst mikrometerskrufven kan tidpunkten för afbrottet i den lokala strömmen och följaktligen i elektromagnetens verkan på den stora pendeln, således denna senare pendels gång, ytterst noggrant regleras. Af skriftens beskaffenhet på mottagningsstationen finner man lätt, om denna stations pendel går för långsamt eller för fort, och i förhållande derefter kan regleringen verkställas.

Fig. 388 föreställer en originalteckning å afsändningsstationens ledande plan och fig. 389 den bild deraf, som Casellis telegraf frambragt på mottagningsstationen.

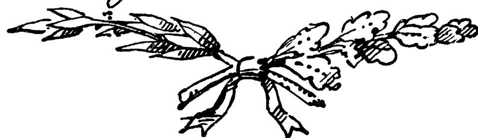


Fig. 388.

Elektriska batterier och ledningar. Jemte redan beskrifna apparater måste vi äfven skänka vår uppmärksamhet åt batterier och ledningar.

De elektriska batterierna bestå af två olika metaller och en fuktig ledare, således af samma hufvuddelar som det första elektriska batteriet, Voltas stapel. Den fuktiga ledaren har endast blifvit utbytt mot någon vätska, hvaruti metallerna nedsättas. De använda metallerna kallas elektromotorer och anbringas i en viss ordningsföljd. Det skulle bli för vidlyftigt att här närmare beskrifva stapelns teori, äfvensom de många olika staplar, som användas. Den mängd olika konstruktioner, som i olika länder äro i bruk, bevisar bäst, att ännu mycket återstår att önska.

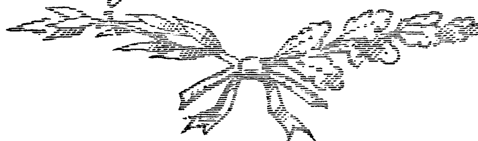


Fig. 389.

Vid stora telegrafanläggningar begagnas för trådens uppbärande stolpar af 20—26 fots längd, utomlands och i synnerhet vid jernvägar mycket lägre, till och med endast 10 fot långa. Den gröfre ändan nedsättes i jorden till minst $^1/_6$ af stolpens hela längd. I Amerika fäster man ofta tråden vid lefvande träd; i anseende till trädets svajande hit och dit måste man dock anbringa upphängningen på ett särskildt sätt, så att tråden ej skadas af svängningarna. Isoleringen åstadkommes antingen genom klockformiga isolatorer af porslin, helst äkta, eller genom klockor af gjutet jern, inuti försedda med isolatorer af äkta porslin. Fig. 390 och 391 visa formen på ett par af de många iso-

latorer, som användas för en telegraflinie. Isolatorn eller, såsom man vanligen säger, hatten, som inuti är försedd med gängor, fastskrufvas på den med våta blånor väl omlindade krokändan. Kroken åter inskrufvas i stolpen. Linietråden fastgöres på ett eller annat sätt vid hattens öfre del. Då man förr använde koppartråd som ledning, har man sedermera i allmänhet börjat använda den billigare jerntråden. Man ersätter blott jernets mindre ledningsförmåga genom att göra tråden så mycket tjockare. Tråden öfverdrages med zink, förzinkas, för att skydda jernet mot rost. Till kortare ledningar användes tråd, hvars diameter är 1,27 linie, till längre af 1,46 och till de s. k. internationela linierna af 1,68 linies diameter. Jerntråden, som ej lider så mycket af den galvaniska strömmens inverkan, eger äfven en större varaktighet mot yttre åverkan och är för tjufvar ej så begärlig som den dyrbara koppartråden.

Ett afbrott på linien uppsöker man, om det ej kan upptäckas med blotta ögat, derigenom, att en galvanometer insättes i ledningen någonstädes ute på linien. Härigenom får man veta, på hvilken sida om galvanometern felet ligger. Delar man nu ytterligare den felaktiga delen af linien, kan man slutligen upptäcka stället, der afbrottet eger rum. På senare tiden har man gjort försök att omedelbart från stationen bestämma afbrottets läge, och dessa försök ha äfven under vissa omständigheter lemnat ganska tillfredsställande resultat. Om ett par trådar skulle beröra hvarandra i någon punkt, eller "vara i kontakt" och i följd häraf blott kunna göra tjenst som en, kan läget af kontaktsstället med temligen stor noggranhet beräknas vid sjelfva telegrafstationen. Äfven läget af större afledningar kan till en viss grad beräknas.

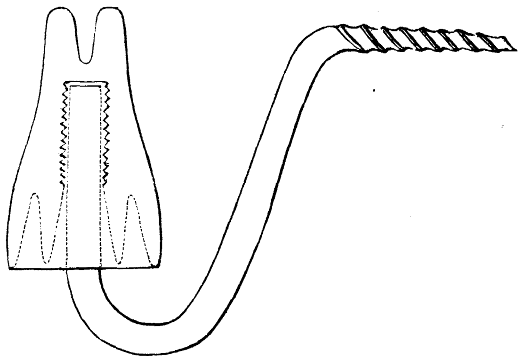


Fig. 390. Isolatorsform.

Steinheils upptäckt att använda jorden i stället för den ena ledningstråden har minskat motståndet till hälften, då jordens motstånd är så godt som intet. Man måste dock söka bringa motståndet vid öfvergången från linien till jorden till det minsta möjliga. Genom denna upptäckt har trådens tjocklek äfven kunnat minskas.

Då ledningarna äro mycket långa, försvagas emellertid strömmen till en sådan grad, att han ej mera förmår sätta skrifapparaten i rörelse. Wheatstone använde derför en s. k. öfverdragare eller relais, hvilken gör till och med den svagaste ström tjenstbar. Denna utomordentligt nyttiga apparat grundar sig derpå, att den från den ena stationen utgående strömmen, som genom afledningar å linien blifvit försvagad, ej omedelbart träffar den an-

dra stationens skrifapparat, utan, gående omkring ett par elektromagneter, verkar på ett lättrörligt ankare och såmedelst åstadkommer ett motsvarande öppnande och slutande af ett annat galvaniskt batteri, hvilket åter står i förbindelse med skrifapparaten och sätter denna i rörelse med tillräcklig styrka, så att han kan afgifva de erforderliga tecknen. Denna metod att medelst en öfverdragare upptaga en försvagad ström och från ett nytt batteri vidare fortskaffa de elektriska tecknen användes ofta å mellanstationer, då liniens längd försvårar eller omöjliggör direkt telegrafering mellan två andra. Antingen det är en skrifmaskin eller en relais, som sålunda kan upptaga och sättas i rörelse af en försvagad ström och på samma gång utsända en annan elektrisk ström från eget batteri, kallas han öfverdragningsapparat. En sådan verkar alldeles på samma sätt som en vanlig tangent med sin häfstång och sitt städ, ehuru hans rörelse i stället för med handen åstadkommes af den från en annan station kommande elektriska strömmen.

Dubbeltelegrafering består deruti, att man på en och samma tråd samtidigt telegraferar två underrättelser i motsatt riktning.

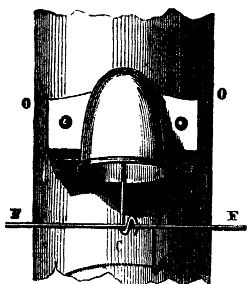


Fig. 391. Isolatorsform.

Den förste, hos hvilken en sådan ide uppstod, var direktorn vid elektriska telegrafen i Österrike dr Gintl. Han misslyckades emellertid helt och hållet, ty den metod, han använde, var i flera hänseenden opraktisk.

De första praktiska förslag i denna riktning utgingo från professor Edlund i Stockholm (mars 1854) och nära samtidigt från hannoverske telegrafingeniören Frischen.

Principen för den af dem använda telegraferingsmetoden är den samma, som redan 1848 användes af professor Edlund för uppmätning af de faradayska extra strömmarna.

En dubbelskrifningsapparat måste vara så inrättad, att icke blott den från den andra stationen kommande, utan äfven den till samma station gående strömmen passerar skrifapparatens elektromagneter. Frågan gäller att kunna ställa så till, att den utgående strömmen ej inverkar på egna elektromagneter, hvarigenom tecken skulle uppstå å skrifmaskinen och förvirra eller rent af omöjliggöra all dechiffrering af de tecken, som komma från den andra stationen. Detta tillgår sålunda, att den egna strömmen, innan han hinner elektromagneten, delar sig i två trådar, af hvilka den ena går omkring elektromagneten ut på linien och den andra (biledningen) äfven omkring elektromagneten, fastän i motsatt riktning, direkt tillbaka till batteriets andra pol. Med den förra delen af strömmen telegraferar man således till den andra stationen, medan den senare genom en enkel inrättning afpassas så, att hans verkan fullständigt upphäfver den andra strömdelens verkan på skrifmaskinen, d. v. s. strömdelarna "kompensera" hvarandra. Möjligheten af denna kompensering, som utgör det vigtigaste, men tillika det svåraste, är för det praktiska behofvet fullständig

å de apparater, som i augusti 1854 började användas mellan Stockholm och Upsala.

Frischen deremot kunde i sin apparat endast använda lika många lindningshvarf i biledningen som i linieledningen, hvarför kompenseringen uteslutande försiggick genom förändring af motståndets förhållande i de båda omvindningarna, och af denna orsak kunde kompenseringen ej blifva fullständig. Dubbelskrifningen öfvergafs dock snart, och orsaken kan man visserligen till en del söka i den dåliga isolering, linierna då ännu hade, men i synnerhet i bristen på reglementariska föreskrifter för sjelfva expeditionssättet, i följd hvaraf tjenstemännen råkade i ständig förlägenhet och det ena missförståndet följde på det andra.

Sedan den tiden hafva flera syselsatt sig med utarbetande af dubbelskrifningsapparater, och den edlundska principen kommer sannolikt att förr eller senare tillgodogöras för elektriska telegrafens behof.

Underjords- och undervattenskablar. De första försöken att nedlägga undervattensledningar gjordes ganska tidigt. Såsom vi förut nämt, ledde professor Winkler i Leipzig redan 1746 friktionselektricitet genom långa trådar under Pleisse. Emellertid kan man ej jemföra de förhållanden, hvarunder dessa ofullständiga försök gjordes, med dem, som ega rum vid nedläggandet af en kabel, som har en längd af tusentals mil och nedsänkes på ett djup af mer än 17000 fot. Härvid förekomma försvårande omständigheter af alla slag, som hvarje minut förnyas, och af hvilka en enda kan vara tillräcklig att i hafvets djup ohjelpligt begrafva årslånga arbeten och mödor.

För Winkler och hans tid hade saken ett rent vetenskapligt intresse. Deremot var vid de försök, som chefen för det britiska telegrafväsendet i Ostindien, sir William O'Shanghessy, anstälde i Hugly vid Kalkutta, äfvensom vid de undervattensledningar, Morse 1842 utförde i Amerika, det praktiska gagnet hufvudsaken. Det första verkligen utförda företag i denna väg torde dock vara den undervattenstråd, som öfverste Colt 1846 nedlade från New-York genom Eastriver till Brooklyn. I Europa hade visserligen tanken derpå flera gånger uppstått, och särskildt hade den ofta nämde fysikern Wheatstone 1840 till parlamentet ingifvit ett förslag att förena Dover med Calais medelst en sådan undervattenstråd; men man hade ännu ej lärt sig inse behofvet deraf. Utom det ringa förtroende, som man ur ekonomisk synpunkt hyste till ett företag af denna art, funnos ock ännu många tekniska ofullkomligheter, som först måste undanrödjas, innan öfvertygelsen om sakens praktiska utförbarhet kunde vinna allmännare insteg. Vid undervattenssprängningar och undervattensminor hade man användt kautsju som isoleringsämne för tråden, men vid framställandet af större kabellängder för telegrafledningar lemnade denna isoleringsmetod ännu mycket öfrigt att önska, ty kautsju förändras så småningom under vatten och förlorar sin isolerande förmåga. Men just vid denna tid kom guttaperkan i större massa i handeln, och man fann snart, att detta ämne hade väsentliga fördelar framför kautsju, så väl genom den lätthet,

hvarmed det låter bearbeta sig, som i synnerhet genom sin egendomlighet att i vatten icke allenast icke förstöras, utan till och med i följd af det tryck, vattenmassan utöfvar på kabeln, antaga en större täthet och fasthet. Guttaperkan blef nu en aldrig felande beståndsdel vid isolering af undervattenstrådar. Redan 1849 telegraferade Walker genom en öfver $1^1/_3$ mil lång, i hafvet nedsänkt ledning, och Brett, som af den franska regeringen erhållit 10 års patent på undervattensledningar mellan Frankrike och England, nedlade den 28 augusti 1850 den 4 mil långa tråden mellan Calais och Dover. Den omkring en linie tjocka och med en guttaperkahylsa omgifna tråden blef lyckligen afrullad från ångfartyget Goliath, och då fartyget hade en hastighet af 3—4 knop, var arbetet fram på aftonen fullbordadt. För att qvarhålla kabeln på hafsbottnen fästes på vid pass hvar trehundrade fot blysänken af omkring 20 skålpunds vigt. Alla svårigheter blefvo lyckligt besegrade, men glädjen varade ej länge, ty kabeln, sönderskuren, såsom man sade, af nyfikna franska fiskare, vägrade inom några dagar att göra tjenst.

Detta afskräckte likväl ej den plötsligt vaknade företagsamhetslusten. Man förfärdigade en mycket tjockare kabel af fyra koppartrådar af en vanlig klocksträngs tjocklek, hvilka hvar för sig voro omgifna af en dubbel guttaperkabeklädnad; alla fyra sammanlindades med hampa, dränkt i tjära och talg, till en enda tross af öfver 10 liniers tjocklek. Det hela omspans slutligen med tio förzinkade jerntrådar af $3^1/_4$ liniers tjocklek, så att hela kabeln erhöll en ganska stor diameter. Nedläggningen skedde den 25—27 september 1851.

Sedan dess har ett stort antal telegrafkablar blifvit nedlagdt genom floder, sjöar och haf. 1852 förenades England med Irland genom en kabel från Holyhead till Hoartl vid Dublin, hvars isoleringsförmåga, då man efter två år, sedan han af ett nkare blifvit skadad, åter upptog honom, visade sig fullkomligt bibehållen. . ret derpå förenades England och Belgien (Dover-Ostende), sedermera England och Holland, Danmark och kontinenten m. fl. med dylika kablar.

Vid samma tid hade Brett erhållit koncession på nedläggandet af en kabel från Spezzia öfver Corsica och Sardinien till Algier, en linie, som var af största vigt för Englands förbindelse med sina östra kolonier, ty en gång förd öfver Medelhafvet, skulle ledningen vid Afrikas och Asiens kuster ej mer haft några synnerliga svårigheter att bekämpa. Men de ogynsamma djupförhållandena, som fordrade, att kabeln skulle nedläggas öfver afgrunder af 10000 fot, gjorde, att företaget oaktadt de största ansträngningar strandade. Kabelns hastiga utlöpande från de ännu ofullkomliga utläggningsapparaterna skadade honom, och ehuru visserligen Corsica, efter besegrande af mångahanda svårigheter, slutligen lyckligt uppnåddes, måste dock tråden kapas, då den afrikanska kusten kom i sigte, och hela företaget uppgifvas. I följd af bottnens stora ojemnheter hade nämligen en mycket större kabellängd förbrukats, än man beräknat; dessutom hade man måst uppvinda och mot ett annat utbyta ett stycke, som blifvit skadadt; med ett ord, kabeln var slut, innan man kommit fram till målet. Visserligen var den efterskrifna förstärkningskabeln redan

på väg, men medan fartyget formligen var förankradt vid kabeln på ett djup af 3000 fot, uppväxte en storm; i följd af de ryckningar, som härigenom uppstodo, förlorade kabeln plötsligt sin ledningsförmåga och måste åter kapas, då någon upphalning under sådana förhållanden ej var att tänka på.

Dessa arbeten hade upptagit nära två år; 1857 försökte man å nyo, men med lika liten framgång. Andra kabelnedläggningar, äfven i Medelhafvet, lyckades bättre, så t. ex. förbindelsen mellan Italien och Sicilien 1855, mellan Sardinien, Malta och Korfu 1858, undervattenskabeln genom Persiska viken för indiska linien genom Turkiet, den franska ledningen från Marseille till Algier o. s. v. Och på samma sätt som i söder utspann sig äfven i norden telegrafnätet allt tätare. Den gynsamma utgången på dessa företag framkallade den storartade tanken, att sammanbinda gamla och nya verlden medelst den elektriska tråden.

Amerikanerna berömma sig af att ha varit de första, som fallit på denna ide. Sporrad af den framgång, nedläggningen af kabeln mellan Dover och Calais haft, ville den amerikanske ingeniören Gisborne, medelst en ledning genom Nya Braunschweig och Nya Skotland till ön Cap Breton, derifrån genom Aspy bay öfver Newfoundland och genom Trinity bay och Atlantiska oceanen, sätta det amerikanska telegrafnätet i förbindelse med den gamla verldens. Till anknytningspunkt var här Valentia i Irland utsedt. Emellertid dröjde det länge, innan han lyckades samla de nödiga medlen, och först genom den namnkunnige entreprenören Cyrus Fields mellankomst bragtes saken i det skick, att man kunde gripa sig an med förberedelser till sjelfva arbetet. Efter otaliga mödor, ansträngningar och motgångar skred man sommarn 1857 till utförandet. Afståndet mellan ändpunkterna utgjorde 250 svenska mil, men för säkerhets skull inlastade man 370 mil kabel. Företaget misslyckades dock; kabeln sprang nämligen, när man kommit 180 mil vesterut från Irland.

Sommarn derpå gjordes ett nytt försök. Kabeln (fig. 392 och 393) bestod denna gång af en enda, af sju fina koppartrådar sammansnodd ledningstråd *d* (fig. 392). Närmast omgafs denna tråd af tre koncentriska guttaperkalager *c* och hade deröfver en hampbetäckning *b*, som i sin tur omslöts och sammanhölls af aderton strängar af sammansnodd jerntråd *a*. Kabeln synes i jemförelse med andra, t. ex. den, som nedlades mellan Sardinien och afrikanska kusten (fig. 394), temligen svag, men oceankabeln är mycket mindre utsatt för förstöring än en ledning, som nedlägges närmare kusten, der vattnet är grundare. Derför blefvo äfven invid kusterna starkare kablar sammansplitsade med hufvudkabeln.

Meningen var att nedläggningen skulle ske på det sätt, att två skepp, Agamemnon och Niagara, åtföljda af två andra fartyg och lastade med hvar sin hälft af kabeln, skulle begifva sig till den midt emellan de båda ändstationerna belägna punkten för att derifrån börja nedläggningen. Kabeln låg i lastrummet hoprullad i en jättelik ring och utlöpte i följd af sin egen tyngd och skeppets rörelse med en hastighet af 5—6 knop i timmen.

En hufvuduppgift var att ej genom en olämplig rörelse hos fartyget utsätta kabeln för ännu större spänning än den, som förorsakades af hans egen tyngd. Man fick derför hvarken gå för fort eller för långsamt, ty en slitning af kabeln hade naturligtvis varit det samma som hela företagets misslyckande. För att få den i djupet utlöpande kabelns hastighet att öfverensstämma med fartygets erfordras dels en dynamometer, som anger kabelns spänning, hvaraf man kan sluta till den hastighet, hvarmed utlöpandet sker, dels en bromsinrättning. Huru denna inrättning var beskaffad vid den atlantiska kabelnedläggningen, visar fig. 395. C' C'' är telegrafkabeln, som på sin väg till aflopps-rullen går under rullen G. Denna rulle trycker genom den tunga kolfven K, som kan föras upp och ned i cylindern U, på kabeln, och allt efter den hastighet, hvarmed denna nedlöper i djupet och hans spänning växer, kan vigten K verka mer eller mindre kraftigt. Den på kolfstången anbragta visaren ställer sig mer eller mindre djupt, och på samma gång blir vinkeln, som kabeln C' C'' bildar vid rullen, spetsigare eller trubbigare. Härigenom erhålles en fingervisning, hvarefter skeppets hastighet kan regleras.

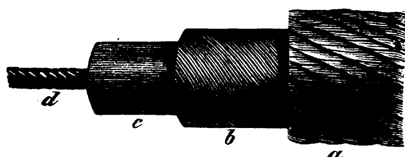
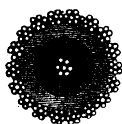


Fig. 392.



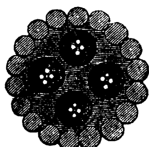


Fig. 393. Fig. 394.
Underhafskablar.

Detta åstadkommes genom vridning af hjulet T, hvars rörelse genom ett öfver P löpande tåg öfverflyttas till maskinen. Endast genom att dag och natt egna den aflöpande kabeln den mest spända uppmärksamhet och i rätta ögonblicket beslutsamt tillgripa de rätta medlen kunna vid ett sådant företag olyckor förekommas.

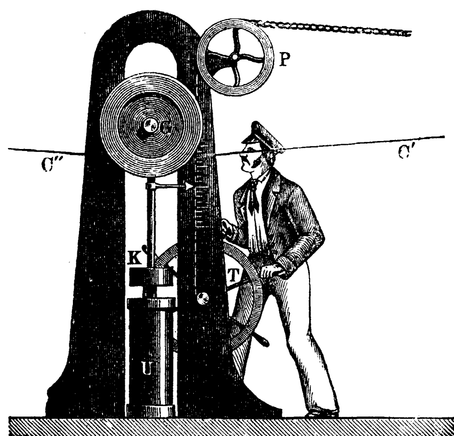


Fig. 395. Dynamometer och bromsinrättning.

Upprepade gånger var faran nära. En gång gick en hvalfisk rakt under skeppets akter, en annan gång upptäcktes ett skadadt ställe för sent och ingen trodde på möjligheten att kunna medhinna reparationen, innan den oskadade delen utlupit. En annan gång styrde en amerikansk ångare rakt på kabeln och skulle ofelbart slitit af honom, om ej Agamemnon i tid ändrat kurs. Begge skeppen stodo oupphörligt i telegrafisk förbindelse med hvarandra. Hvilken oro blef det ej, då en gång signalerna genom något fel i batteriet uteblefvo! Man sväfvade oupphörligt i ångest att få höra det förfärliga ordet: "afsliten!" och se årslånga

mödor och stora summor onyttigt bortkastade. Den 3 augusti hade man utlagt 134 mil, och den 5 augusti kl. 6 f. m. kastade Agamemnon ankar i Valentia bay; kort derpå förkunnade den första depeschen, att äfven Niagara lyckligt landat vid Newfoundland.

Denna gång hade saken således aflupit lyckligt. Hela afståndet mellan Trinity bay på Newfoundland och Valentia i Irland utgör 250 mil och omkring 320 mil kabel hade utlupit. Kostnaden för anläggningen hade uppgått till inemot 22 000 000 rdr. Drottning Victorias lyckönskningstelegram till presidenten Buchanan i Förenta staterna erfordrade 16 timmar, ty kabeln förhöll sig i vatten som en leidenflaska, hvilken först måste laddas, innan hon kan göra tjenst.

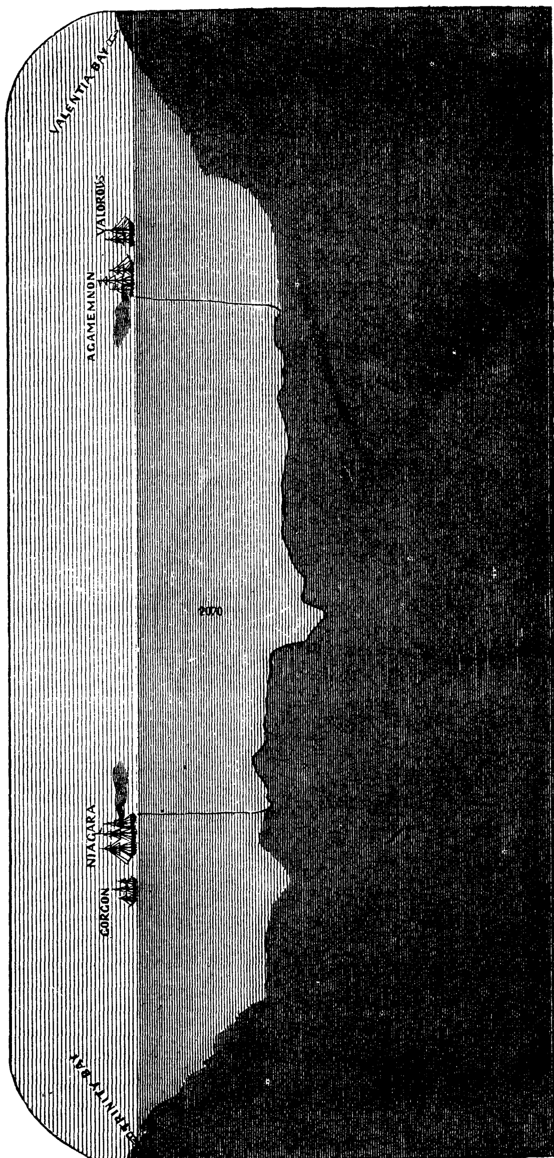


Fig. 396. Nedläggning af den atlantiska kabeln.

Ty värr blef dock jublet öfver företagets lyckade utgång kort, ty det visade sig snart, att kabeln var otjenstbar. Signalerna blefvo snart otydliga, derefter allt svagare och upphörde slutligen helt och hållet. Orsaken till denna envisa tystnad sökte man på mycket olika ställen, men hvar hon än låg, var hon ej lätt att finna. Gratulationsutbytet den 5 augusti 1858 mellan de båda statsöfverhufvudena blef på detta sätt den dyrbaraste korrespondens, som någonsin blifvit förd på jorden. Inalles hade till den 1 september, då kabeln upphörde att göra tjenst, ej mer än 129 depescher från Europa och 271 från Amerika blifvit befordrade genom den samma.

Oaktadt den misslyckade utgången dröjde det ej länge, innan stämmor läto höra sig, som yrkade på ett upprepande af försöket. Aktieteckning sattes på nytt i gång, och i början af 1864 syntes företaget så pass betryggadt, att man kunde taga i tu med tillverkning af en ny kabel. Med ledning af den vunna erfarenheten sammansattes han nu något annorlunda än förut. Utförandet öfvertogs af den engelska firman Glass & Elliot; jerntrådarna dertill levererades från Webster & Horsfalls fabrik i Birmingham, en temligen betydlig leverans, ty, såsom fig. 397 visar, bestod hafskabeln af en sjudubbel ledningstråd af koppar, som isolerades genom en fyrdubbel guttaperkabeklädnad och genom en särskildt preparerad hampbetäckning skyddades från skadliga yttre inverkningar. Det hela omgafs spiralformigt af tio fina jerntrådslinor. Hafskabeln hade en diameter af något öfver en tum; för sträckningen närmast kusten, der man hade att frukta en afnötning i följd af strömmar och vågsvall, erhöll han en ytterligare armering af tolf jernlinor, hvar och en bestående af tre galvaniserade, $^1/_4$ tum tjocka jerntrådar, och sålunda en diameter af $2\,^3/_8$ tum. Begge kablarna tillsammans vägde nära 100 000 centner. Efter verkstäld undersökning inlastades han på Great Eastern, som den 23

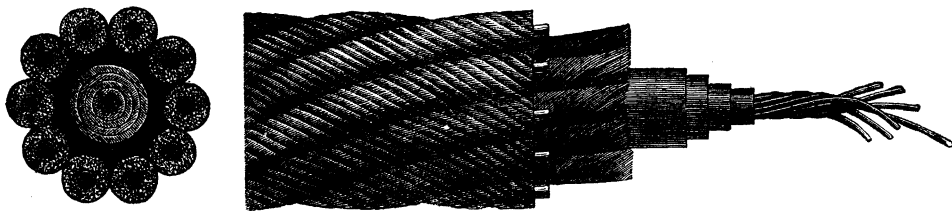


Fig. 397. Oceandelen af 1865 års atlantiska kabel.

juli 1865 anträdde sin färd från irländska kusten vesterut. Det såg ut, som samma motgångar, hvilka redan förut gjort planen om intet, skulle förnyas. Sedan man lyckligt öfvervunnit de första små motgångarna, måste man slutligen kapa tråden. Alla ansträngningar att upplyfta den nedsänkta kabeln (antagligen inemot 1 000 engelska mil) voro fruktlösa, och Great Eastern återvände i slutet af augusti till Irland.

Man hade lärt mycket, men hade åter fått betala dyra lärpenningar. Icke desto mindre samlades på kort tid ett kapital af 10 800 000 rdr. En ny landkabel af helt annan konstruktion tillverkades, nya upphalningsmaskiner bygdes, och innan ett år tilländalupit, ångade Great Eastern den 14 juli 1866 för andra gången ut från Valentia, och fjorton dagar derefter, den 27 juli, fördes den andra ändan af den atlantiska kabeln i land vid Newfoundland. Föreningen fullbordades ännu samma afton, och tillkännagifvandet häraf var innehållet af det första telegram, som denna gång skickades från vestra till östra halfklotet. Arbetet hade lyckats. Det andra telegrammet i ordningen var från drottning Victoria till presidenten Johnson. Presidentens svar, innehållande 78 ord, aftelegraferades på 10 minuter.

Det första handelstelegram, som London genom den atlantiska kabeln mottog från Amerika, innehöll kursen för den 28 juli: "guld 50, London 164 $^1/_2$, bonds 7 $^1/_4$, bomull 36 c. stilla". Detta telegram flyttade med ens den gamla verlden tolf dagar närmare den nya, ty de sist ankomna underrättelserna med ångbåt hade den 16 juli afgått från New-York. Efter kriget mellan Preussen och Österrike telegraferades vid riksdagens öppnande det preussiska trontalet till Amerika, det första telegrammet af större omfång. Det kostade omkring 16 000 rdr. Två dagar, sedan det hållits i Berlin, kunde man läsa det i alla nordamerikanska tidningar. Den bekante millionären Peabody hade betalat det.

Den lyckliga utgången framkallade åter en önskan att upptaga den kabel, som året förut gått förlorad och, om han ännu befunnes brukbar, hvilket ej gerna kunde betviflas, hopsplitsa honom samt nedlägga en andra ledning till Newfoundland. Företaget sattes genast i verket. Great Eastern med sin upphalningsmaskin användes äfven denna gång. Först måste man uppsöka ett ställe, der kabeln ej låg på för stort djup, för att fatta honom med draggen, utan att han sletes af genom sin egen tyngd. Så snart man funnit ett sådant, sattes lyftmaskinen i gång. Draggen hade redan fattat kabeln flera gånger och denna till och med varit synlig, men åter gått till bottnen, och först den 1 september lyckades man å nyo fatta honom så, att han kunde halas upp öfver hafsytan. Spänningen växte med hvar minut. Midt i natten dykte han upp, och en timme derefter hade man svar på den genast till Valentia afsända depeschen. Ändan hopsplitsades med det medförda förrådet, och Great Eastern fortsatte den 2 september sin kurs. Den 8 september voro de båda verldsdelarna ytterligare förenade med en ny ledning.

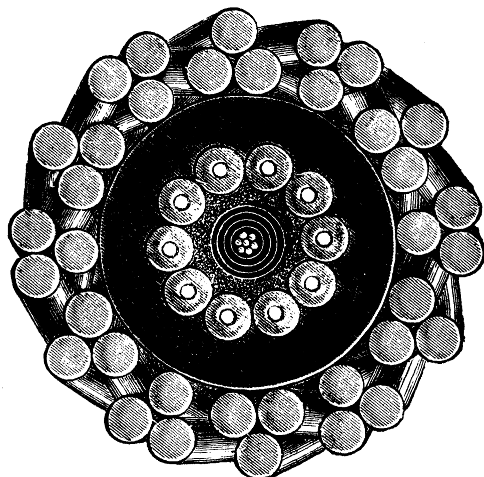


Fig. 398. Kustdelen af 1865 års atlantiska kabel.

Prof anstäldes nu för att utröna, om kabeln lidit något men af sin årslånga hvila på hafsbottnen. Dessa utföllo så, att han i afseende på isolationsförmågan snarare syntes ha vunnit derpå och visade sig bättre än 1866 års kabel.

Båda kablarna gå nästan parallelt med och på några få mils afstånd från hvarandra. 1866 års kabel ligger något sydligare.

Vi ha med afsigt något utförligt uppehållit oss vid den atlantiska kabelns nedläggning, emedan hon till sina följder är en bland de vigtigaste tilldragelserna i menniskans historia. Vi kunna ej med samma utförlighet beröra alla dylika företag, hvilka så småningom omspunnit jorden med ett nät, hvilket, liksom ett kulturens nervsystem, utbreder sig öfver allt, dit europeisk odling i

någon mån banat sig väg. Denna underbara skapelse har företrädesvis en nationalekonomisk betydelse och blir sålunda föremål för närmare betraktelser äfven inom de delar af Uppfinningarnas bok, som syselsätta sig med verldshandeln.

Den atlantiska kabeln är i afseende på ledningsförmåga, isolering och dylikt mycket olik en landledning.

Afståndet mellan stationerna å en landtelegraf är jemförelsevis kort; i synnerhet har den kropp, som omger landledningen, luften, ett helt annat inflytande på de elektriska förhållandena än vattnet, som omger en undervattenstråd.

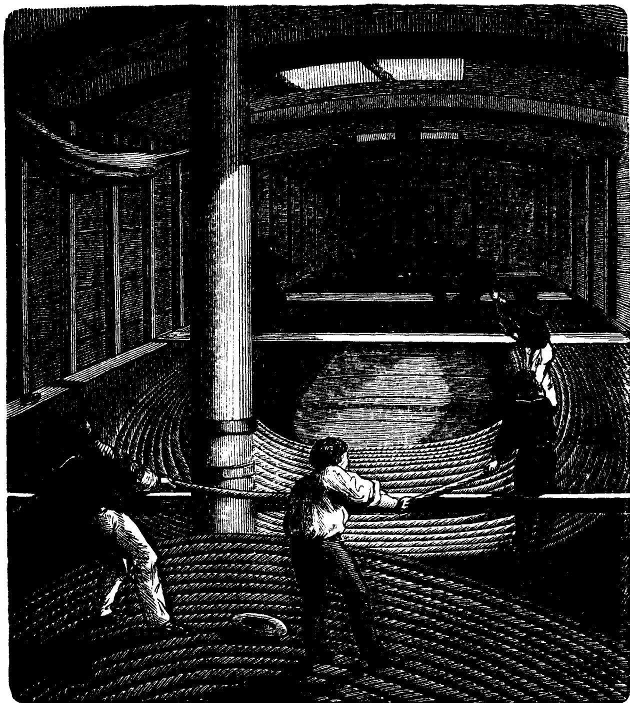


Fig. 399. Kabelstufning i rummet på ett fartyg.

Så ofta en ström slutes eller afbrytes i en kabel, uppstå genom induktion i den omgifvande vattenmassan strömmar, hvilka å sin sida framkalla dylika i kabeln och göra det nödvändigt att efter hvarje utskickad ström låta en svagare följa i motsatt riktning, hvilken upphäfver induktionsströmmen. De hufvudsakligaste hindren för undervattenstelegrafering bestå deruti, att kabeln förhåller sig som en leidenflaska; ledningstråden motsvarar nämligen den inre beläggningen, guttaperkabetäckningen glaset och vattnet den yttre beläggningen. Denna flaska är visserligen något lång, ty hon räcker från den ena kontinenten till den andra, och betraktar man saken från denna synpunkt, förvånas man ej mera öfver, att vid telegraferingen en viss laddning måste

försiggå, innan någon verkan kan utöfvas vid kabelns andra ända. Denna omständighet gör sig vid långa submarina ledningar i så hög grad gällande, att t. ex. på en linie mellan Frankrike och Australien åtgår en tid af ungefär tio minuter, innan ledningstråden blifvit laddad och den kontinuerliga strömmen framträdt, d. v. s. innan ett telegrafiskt tecken kunnat göras.

Vi ha redan vid beskrifningen af leidenflaskan sett, huru den elektriska spänningen i de båda beläggningarna, alltså här hos tråden och vattnet, om hon blir för stark, kan genomborra det hinder, som söker sätta sig emot föreningen af de elektriska fluida. Inträder vid en underhafskabel ett sådant fall, att guttaperkabetäckningen i följd af den elektriska spänningen genomborras, är isoleringen förstörd, och man har i de flesta fall mycket svårt att upptäcka det felaktiga stället. Innan man af dylika exempel erhållit tillräcklig erfarenhet, har mången kabel sålunda blifvit obrukbar. Man trodde sig böra använda starka batterier för att öfvervinna det motstånd, som förorsakades af ledningens längd, medan man dock just derigenom framkallade en mycket farlig tension mellan den elektricitet, som fans i tråden, och den, som blef bunden i vattnet.

För att ej göra den elektriska spänningen allt för stor bör man använda mycket svaga batterier. En svag ström, i synnerhet då han under vägen förlorar en del af sin styrka, kan vid den andra ändan blott frambringa svaga verkningar; derför kunna ej heller de vanliga apparaterna, som begagnas vid luftledningen, användas vid underhafsledningar, som ha en större längd.

Inträda vi på en vanlig telegrafbyrå, kan örat ej allenast genom nyckelns rörelse uppfatta, hvad som afsändes, utan äfven genom skrifmaskinens, hvad som ankommer. De mest aflägsna orter tala hörbart med hvarandra. Så är ej fallet med en af den atlantiska kabelns stationer. På de förra gå och komma budskap i alla riktningar, på den senare förnimmes blott en stämma: rösten från jordens andra halfklot.

Midt uti ett stort mörkt rum sitter en person med blicken genom en tub oaflåtligt fäst på en graderad elfenbensskala, der en fin ljusstrimma synes oupphörligt flytta sig. Denna ljusstrimma återkastas från en liten spegel i mottagningsapparaten och kommer ursprungligen från en starkt lysande lampa, som är anbragt bakom en skärm, hvarpå nyss nämda skala sitter. Under skalan finnes nämligen i skärmen en smal öppning, hvarigenom ljuset från den för öfrigt väl inneslutna lampan framsläppes. Innan denna ljusstråle når spegeln, går han dock först igenom en framför honom anbragt konvergerande lins, hvars brännpunkt infaller nära spegelytan. Mottagningsapparaten är uppstäld på några fots afstånd framför den hvita skalan, och ljusbilden synes derför på den samma flytta sig ganska mycket, oaktadt spegelns vridning är så ytterst liten, att hon ej kan direkt observeras. Denna för ögat omärkliga rörelse hos en nästan fjäderlätt kropp är den enda verkan, som den från afsändningsstationen genom kabeln utskickade svaga galvaniska strömmen vid framkomsten till mottagningsstationen utöfvar på dess apparat, och ändock är denna apparat med den yttersta omsorg konstruerad och i högsta grad känslig.

Genom sin ställning på fasta stenpelare och andra försigtighetsmått är han dessutom fullkomligt skyddad mot inverkan af alla yttre inflytelser, hvilket är af högsta vigt för att kunna med säkerhet observera de från jordens andra sida kommande tecknen, hvaraf hvart och ett endast är som den svagaste, hastigt försvinnande fläkt. Konstruktionen af denna mottagningsapparat är till principen den samma som den förut beskrifna, af Wheatstone och Cooke i England patenterade nåltelegrafen med en magnetnål. Sådan han för detta ändamål begagnas, är han konstruerad af engelsmannen Thomson och kallas reflexgalvanometer.

Den midt i multiplikatorn sittande magnetnålen är här upphängd på en fin kokongtråd, och midt på nålen är fäst den förut omtalade spegeln, hvilken således följer nålens rörelser, när den genom multiplikatorns trådlindning gående galvaniska strömmen förorsakar nålens afvikning från sin med den magnetiska meridianen parallela ställning. Magnetnålen är här mycket liten och ytterst lätt; det samma är äfven förhållandet med spegeln. Då nålen ej påverkas af någon ström, infaller den från spegeln reflekterade ljusstrimman på skalans midtpunkt, men då spegeln det minsta vrides, flyttar sig denna strimma på skalan rätt betydligt, dels i följd af det stora afståndet, och dels emedan den reflekterade bilden beskrifver en dubbelt så stor vinkel som spegeln. Denna ljusstrimmas olika ställningar utgöra telegraftecknen, och dessa kunna på flera olika sätt sammansättas, bland annat genom nålens utslag än åt den ena, än åt den andra sidan, såsom på de nyss nämda nåltelegraferna. Detta fordrar likväl strömmar i olika riktning; men vid den atlantiska kabeln begagnas ej denna metod, utan för hvarje tecken afviker magnetnålen åt samma sida, och för att kunna af tecknen sammansätta bokstäfver utsändas från afsändningsstationen olika starka strömmar, hvarigenom spegeln återkastar ljusstrimman än på 15 och än på 20 grader, alltid till höger om nollpunkten på skalan. På detta sätt bildas bokstäfver, lika med dem, som begagnas vid telegrafering med morseapparater; det lägre utslaget på skalan motsvarar nämligen ett streck och det högre en punkt.

Äfven afsändningsapparaten eller den strömmen slutande nyckeln är här af helt olika beskaffenhet med de vid landlinier begagnade. Varley och Thomson ha konstruerat en dertill passande manipulator, som är så inrättad, att den laddning, som kabeln vid en enkel ströms genomgående antager, upphäfves och tydliga tecken sålunda utan uppehåll framkomma till bestämmelseorten.

Då från batteriet i kabeln utsändes en positiv ström, måste man, för att hindra dess bindning i kabeln och upphäfva laddningen, omedelbart derpå skicka en annan ström i motsatt riktning eller negativ. Derigenom erhålles visserligen den önskade verkan på magnetnålen, men då denna skall återgå till sitt normala läge, har hon så stor benägenhet att oscillera, att det dröjer för länge, innan hon stannar, så att nästa tecken kan gifvas. För att motverka denna oscillation ger derför afsändningsapparaten ännu tre i motsatt riktning mot hvarandra gående strömmar af kortare varaktighet, och hvarje enstaka tecken består således af fem mycket hastigt på hvarandra följande ström-

mar i motsatt riktning mot hvarandra, nämligen två positiva och tre negativa, som alla måste ha olika, men noga bestämd varaktighet, för att tecknen skola blifva tydliga. Detta åstadkommes medelst ett enda handgrepp på den nämda apparaten.

Elektriska ur och väckare. Tanken att telegrafera tid måste snart uppstå, sedan den elektriska telegrafen kommit öfver sitt första utvecklingsskede. De båda framstående forskarna Steinheil och Wheatstone voro de första, som försökte konstruera galvaniska ur, Steinheil redan 1839 och Wheatstone året derpå. Sedan dess ha nästan alla uppfinnare på den praktiska telegrafins område, äfvensom urmakare, astronomer och fysiker, syselsatt sig med de galvaniska urens fullkomnande. I synnerhet ha de af Bain, Stöhrer och Scholle, Siemens och Halske m. fl. utförda konstruktionerna utmärkt sig genom ändamålsenliga förbättringar.

De elektriska urens inrättning grundar sig derpå, att ett normalur, som drifves på vanligt sätt, medelst ledningstrådar står i förbindelse med en längre bort befintlig urtafla med visare. Der normaluret befinner sig, står äfven batteriet, som åstadkommer den galvaniska strömmen. På hvar och en af de öfriga stationerna finnes en elektromagnet, som påverkas af den från batteriet kommande strömmen. Han drager då, såsom på den wheatstoneska visartelegrafen, ett jernankare till sig och lemnar derigenom för hvarje gång en kugge af ett steghjul fri. Allt efter det sätt, hvarpå kedjan slutes vid hufvudstationen, antingen det sker hvar sekund eller hvar minut eller någon annan tidsintervall, har steghjulet erhållit sin kuggindelning, som åter låter visaren på samma sätt framrycka öfver urtaflan. Öfverflyttningen från minuter till timmar o. s. v. sker på vanligt sätt genom utvexling. Wheatstone har slutligen användt den elektriska strömmens ögonblickliga verkan till utförande af ett mycket intressant kronoskop, som gör två ofantligt hastigt på hvarandra följande tidsmoment mät- och synbara. Detta instrument användes bland annat för att uppmäta tiden från det ögonblick, en kanonkula börjar sin rörelse, till det, då hon lemnar mynningen, samt hastigheten af hennes lopp på större eller mindre afstånd från kanonen. Den hastighet, hvarmed nervretningarna öfverföras till hjernan, och den tid, viljan behöfver för att medelst nerverna sätta musklerna i rörelse, kunna äfven med kronoskopet uppmätas.

Det väsentliga i denna apparat består af en kring sin axel roterande skifva, hvars hastighet regleras af ett urverk. Midt för den med stearin öfverdragna yttersta ringen på skifvan befinner sig ett skarpt stift, som står i förbindelse med elektromagneten på sådant sätt, att det vid den elektriska strömmens uppkomst kastas framåt och så länge repar i den blanka stearinytan, som strömmen fortfar och ankaret ligger nere. Skifvan sjelf är försedd med en ytterst fin gradering, hvaraf vid en tiofaldig omvridning i sekunden en grad behöfver en tid af $^1/_{3600}$ sekund för att passera förbi spetsen på stiftet. Gör denna således ett streck öfver 9 grader, är den tid, hvarunder strömmen var sluten, $^9/_{3600}$ eller $^1/_{400}$ sekund. Man kan med noggranhet afläsa $^1/_{10}$ grad, som

motsvarar $^1/_{36000}$ sekund. Det sätt, hvarpå de båda momenten, hvilkas tidsskilnad skall mätas, verka till att sluta och öppna det galvaniska batteriet, måste för hvarje särskildt fall uttänkas. Kanonkulan skulle man t. ex. kunna anbringa mellan de båda utifrån in i kanonloppet införda polträdarna, så att, då kulan ligger stilla, strömmen slutes af henne, medan hon genom sönderslitande af en fin, tvärs öfver mynningen spänd tråd skulle kunna afbryta en annan ström.

Den elektriska telegrafen i Sverige. Sverige var ej bland de första länder, som tillgodogjorde sig den nya uppfinningen. Visserligen förevisade liniechefen vid optiska telegrafen von Heland vid en bjudning hemma hos sig redan den 19 december 1845 en af honom sjelf tillsammans med då varande löjtnanten A. L. Fahnehjelm konstruerad telegrafapparat, hvilken sedermera undergick många förändringar. Men att denna apparat, som utfördes snart sagdt utan att konstruktörerna tillgodogjorde sig den erfarenhet, som blifvit samlad i andra länder, ej kunde blifva af någon praktisk betydelse, är ej att undra på. Deraf förringas dock ej värdet af deras bemödande. De sökte väcka chefen för optiska telegrafverket general Akrells intresse för saken, och slutligen blef 1850 en morseapparat på statens bekostnad införskrifven, således fem år, sedan Morse sjelf hemtat en modell från Europa för att begagna sig af redan då gjorda förbättringar.

I allmänhet visade sig föga intresse för den nya uppfinningen eller någon tro på hennes stora betydelse för handel och industri. Den, som slutligen med allvar tog saken om hand och i följd af sin samhällsställning kunde göra sin vilja fruktbringande, var då varande finansministern baron Palmstierna. I januari 1853 tog han den införskrifna morseapparaten i skärskådande, och närmaste följden blef, att regeringen i en skrifvelse, daterad den 1 februari 1853, anslog medel för anläggning af en af general Akrell föreslagen telegraflinie mellan Stockholm och Upsala.

Förberedelser för arbetet vidtogos genast, och på våren restes vid Märsta gästgifvargård den första telegrafstolpen, till icke ringa förvåning för den församlade menigheten. General Akrell, som erhöll uppdraget att vara chef för den nya telegrafen, öfverlemnade åt von Heland omsorgen om nyss nämda linies byggande, medan Fahnehjelm och A. H. Öller ordnade stationerna i Stockholm och Upsala.

Telegraferingen började den 15 juli, och telegrafen uppläts till fritt begagnande. Den 1 augusti tillämpades en låg taxa, som utgjorde 12 skilling banko för hvarje telegram.

Sedermera hafva telegraflinier blifvit uppsatta hvarje år, och för närvarande utgör den sammanlagda trådlängden ej mindre än 1820 svenska mil.



Kompassen.

Forntidens kunskap om naturliga magneter. — Deras förekomst. — Dragningskraft och riktningskraft. — Polerna. — Konstgjorda magneter och deras åstadkommande. — Uppfinningen af kompassen. — Hans inrättning. — Jordmagnetismen. — Deklination, inklination och intensitet. — Jordmagnetismens variationer och deras bestämmande. — Magnetiska stationer. — Norrskenet ett magnetiskt oväder.

Det finnes i naturen en mörk, glanslös sten, hvars egenskaper äro af större värde än de dyrbaraste diamanters. Han kan hvarken användas till prydnad eller förarbetas till något annat än på sin höjd en liten jernpjes; den nytta, han gör, måste derför ligga i något alldeles särskildt förhållande. Släpar man en sådan sten genom en låda med jernfilspån, märker man också snart, att egendomliga krafter måste vara i verksamhet uti honom, ty en stor mängd filspån häftar fast vid stenen och grupperar sig skägglikt på hans yta, men i större mängd företrädesvis på två motsatta ställen. Lägga vi stenen på en liten i vatten flytande båt, skall han, i hvilket väderstreck vi än rikta kölen, alltid vända sig och visa åt ett bestämdt håll, så att en viss punkt på honom ständigt pekar mot norr och en annan åt söder. Och dessa båda märkvärdiga punkter, som, med anledning af den ställning de intaga, kallas nordpol och sydpol, äro just de, vid hvilka jernfilspånen företrädesvis samla sig.

Vi behöfva knapt säga, att denna sten är det under namn af magnet eller magnetsten bekanta mineral, hvars underbara egenskap, liksom en Ariadnes tråd, visar styrmannen, huru han i natt och dimma skall leta sig fram på den gränslösa oceanen, och leder honom med samma säkerhet, som om han befunne sig på en banad väg.

Magneten är ett slags jernmalm; han består af jernoxidoxidul, en förening, som endast genom en obetydlig halt af syre skiljer sig från vanlig jernrost. Han har sitt namn af den lydiska staden Magnesia, i hvars granskap de jerngrufvor lågo, från hvilka han erhölls. Han kallades äfven lydisk sten, heraklessten m. m. och begagnades redan af forntidens prester för att gifva deras ceremonier en hemlighetsfull prägel.

Lucretius berättar om jernringar, som voro upphängda i taket till ett tempel och blott genom sin inbördes dragningskraft häftade vid hvarandra. Man kände magnetens verkan, och oerfarna tiders rädsla öfverdref denna verkan på långa afstånd, så att man berättade om stora magnetberg i oceanen, hvilka redan på långt håll drogo allt jern till sig och oupphörligt ledde fartyg ur deras kosa, innan man af någonting annat kunde ana den farliga klippans närhet. Dylika sagor bibehöllo sig en lång tid till stor skada för sjöfarten, och ganska eget är, att just samma kraft, hvilken man då ansåg så olycksbringande, genom en sedermera upptäckt annan yttring af henne blef ett medel att lifva modet till befarande af det okända verldshafvet.

I Europa tyckes man under forntiden endast ha beundrat magnetens dragningskraft; hade man känt hans egendomliga riktningskraft, skulle hans användbarhet som vägvisare på land- och sjöresor legat så nära, att hon väl knappast skulle kunnat förbises. Deremot vet man, att kineserna redan mer än 1 000 år före vår tidräkning hade små magnetiska balanser, som visade dem vägen genom Tatariets omätliga stepper; en på balansen anbragt docka pekade alltid med den utsträckta handen åt söder. I tredje århundradet e. Kr. begagnade sig kineserna redan af en vid en silkestråd upphängd magnetnål. I vesterlandet och sannolikt äfven hos nordens sjöfarande nationer upphängde man sjelfva stenen i en tråd eller lade honom på en brädlapp och lät honom flyta på lugnt vatten. I den gamla franska romanen om rosen, som skrefs 1180, omnämnes magneten under namn af marinette, hvilket redan antyder på förhållanden till sjöfarten. Den egentliga uppfinningen af kompassen tillskrifver man en viss Flavio Gioja från Amalfi, hvilken lefde omkring år 1300, ehuru några påstå, att Marco Polo skall ha lärt bruket deraf hos kineserna. Emedan magneten vägledde resande, kallades han hos de nordiska folken leitstain eller leitarstain, och det är sannolikt, att han redan ganska tidigt var känd i Sverige och Norge, ty hans fyndort är alldeles icke inskränkt till de lydiska bergverken; man träffar honom i stor mängd i lager eller klumpar vid Dannemora, Arendal, i Sibirien, England, Harz, vid Pirna o. s. v., der magnetstenen, som öfver allt har de anmärkta egenskaperna i lika hög grad, bearbetas som den bästa malm för vinnande af jern.

De naturliga magneterna erhålla först sin fulla kraft, sedan de kommit ur grufvan. Man kan ganska betydligt förstärka deras verkan, d. v. s. deras dragningskraft, om man bekläder deras båda polsidor med jernskifvor, som skjuta ut i två tjockare, hvarandra närbelägna ändar. Dessa båda ändar, klackar, förenas genom ett jernstycke, ankaret, och en på detta sätt armerad magnet förmår ofta bära mer än två hundra gånger sin förra last. Ehuru som regel gäller, att hvarje magnet blott har två poler, en nordpol och en sydpol, och deremellan ett neutralt ställe, inträffa dock understundom fall, då flera punkter med större dragningskraft förefinnas, alltså flera poler; men detta är emellertid sällsynt och alltid en följd af oregelbundenheter i stenens inre bygnad.

För öfrigt sträcker sig dragningskraften icke blott till jern, utan i ringare grad attraheras äfven nickel och kobolt af magneten, ja, Faraday och andra ha visat, att magnetismen utöfvar ett omisskänligt inflytande på alla kroppar. Detta uppenbarar sig som en på ett eget sätt riktad repellerande kraft, som man kallat diamagnetism. Ehuru undersökningarna rörande detta ämne ännu ej på långt när äro afslutade, kunna likväl alla de vidunderliga slutsatser, som man dragit af dylika iakttagelser på menniskokroppens diamagnetiska förhållande, och derjemte hela spökeriet med mesmerism, animalmagnetism, somnambulism, od, borddans, slagruta och hvad de allt heta, betecknas som okunniga fantasters tanklösa hugskott.

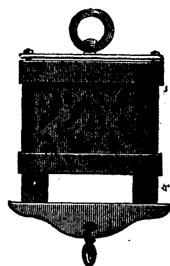


Fig. 401. Magnetens armering.

Konstgjorda magneter. De magnetiska egenskaperna kunna med konst meddelas jern och stål. Ett medel dertill ega vi i de elektriska strömmarna (elektromagneter, sid. 392), och Ampère har derifrån härledt en enkel teori för magnetismens väsen. Enligt honom är magnetismen ingenting annat än ett särskildt yttrings- och verkningssätt af en i rörelse varande elektricitet. Antager man, att den magnetiska kroppen omkretsas af parallela, slutna, d. v. s. i sig tillbakalöpande elektriska strömmar, kan man förklara alla magnetiska företeelser genom de kända försöken rörande elektriska strömmars verkan på hvarandra. Hålla vi en magnet med nordpolen riktad emot oss, gå strömmarna nedåt på venstra sidan och uppåt på den högra; vända vi sydpolen emot oss, är strömmen riktad åt motsatt håll.

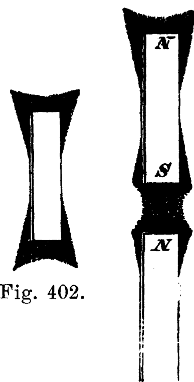
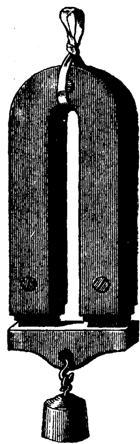


Fig. 402.

Fig. 403. Meddelande af magnetism genom fördelning.

Ett jernstycke, som vi bringa i närheten af en stark magnet, får magnetiska egenskaper. Detta är ett sakförhållande. Orsaken dertill är, att genom de elektriska strömmarna i magneten väckas dylika strömmar i det hittills omagnetiska jernstycket. Eller, om vi utgå från den förutsättningen, att, liksom i hvarje kropp finnes en elektrisk blandning, hvilken blott genom

närmandet af en elektrisk kropp sönderdelas i sina positiva och negativa beståndsdelar, äfven inom jernet elektriska strömmar kretsa, men i motsatta riktningar och derför utan verkan utåt, emedan de inom det samma ömsesidigt upphäfva hvarandra, samt att dessa redan för handen varande strömmar genom inverkan af den närmade magnetens bestämdt riktade strömmar tvingas att gå parallelt, enligt det likartade förhållandet i fig. 360, så faller af sig sjelft, att midt emot den ursprungliga magnetens nordpol uppstår en sydpol, och midt emot sydpolen en nordpol (fig. 403), samt att nordpol och sydpol draga hvarandra, de liknämniga polerna deremot stöta hvarandra ifrån sig, emedan strömmarna i dem hafva en motsatt riktning. Detta uppväckande af magnetism genom närmande kan i viss mån liknas vid elektricitetens fördelningsverkan. I de af magneten dragna jernfilspånen ha också strömmar uppväckts, och det är således ej sjelfva jernet, som attraheras, utan det är de parallela strömmarnas verkan på hvarandra, hvilken, yttrande sig som en ömsesidig dragning, framkallar fenomenet.


Fig. 404. Hästskomagnet.

Emedan härdadt stål bibehåller den sålunda erhållna magnetiska egenskapen, skaffade man sig konstgjorda magneter derigenom, att man i ständigt samma riktning beströk stålstänger med en kraftig magnet, vare sig konstgjord eller naturlig. Nu mera begagnar man sig för detta ändamål nästan uteslutande af elektriska strömmar. Flera sådana magnetiserade stålstänger förenar man lämpligen till en bundt (ett så kalladt magnetiskt magasin) och brukar böja dem i hästskoform.

Det återstår oss att påpeka ännu en egenhet hos magneten, som är särdeles egnad att bekräfta Ampères teori. Om man afbryter en magnetiserad stålstång på midten, der hennes neutrala punkt ligger, erhålla de afbrutna styckena vid brottytan motsatta poler. I det afsöndrade nordpolsstycket uppkommer en ny sydpol och i sydpolsstycket en ny nordpol, så att man på detta sätt får två särskilda magneter. Och omvändt, när man lägger en magnets nordpol intill en annan magnets sydpol, neutraliseras här den magnetiska kraften, och endast vid de båda fria ändarna qvarstå de båda polerna.

Kompassen. Denna utan fråga vigtigaste tillämpning af de magnetiska företeelserna är ingenting annat än en magnetiserad stålnål, som kan fullkomligt fritt röra sig omkring sin upphängningspunkt. Den bestämda riktning, som nålen, åt sig sjelf lemnad, alltid intager, tjenar till vägledning vid de mest olika tillfällen. Hon begagnas ej blott af sjöfarande, utan äfven af ingeniörer vid deras mätningar ofvan jord, af bergsmän vid dylika under jord, af geologer till bestämmande af berglagrens riktning och lutning, af resande på land, astronomer och naturforskare, och allt efter dessa olika användningssätt är äfven instrumentet olika inrättadt. Än är nålen upphängd i en tråd, än svänger hon omkring en lodrät spets eller uppbäres på annat sätt. Den enk-

laste formen är den, der magnetnålen är i midten försedd med en antingen af stål eller agat förfärdigad liten panna, hvilken vrider sig omkring en lodrät spets. Under nålen finnes en indelad cirkel, efter hvilken man kan bestämma hvarje afvikelse från middagslinien.

Skeppskompassen är så till vida något olika inrättad, som den indelade cirkelskifvan af papper, uppklistrad på marienglas eller glimmer, här är fast förenad med magnetnålen och vrider sig med henne; afvikelserna angifvas genom ett utanför skifvan befintligt märke, som svarar mot fartygets längdlinie. Hos kineserna är denna omkrets indelad i 24, hos japaneserna i 12 delar; hos tyska bergsmän, från hvilka bruket öfvergått till ingeniörer, geologer m. fl., har han två gånger 12 delar, kallade stunder eller horæ (fig. 405). För vetenskapliga bestämningar använder man i öfrigt den brukliga indelningen af cirkeln i 360 grader. Nålen är i den vanliga kompassen anbragt i en rund, med glas försedd dosa. För att hålla nålen stilla, när hon ej begagnas, har man gifvit henne en inrättning, som upplyfter henne från hennes stöd. Skeppskompassen är för den häftigt vaggande rörelsens skull försedd med en s. k. Cardans upphängning, d. v. s. två inom hvarandra lätt rörliga ringar, hvilkas axlar ligga vinkelrätt emot hvarandra (fig. 406).

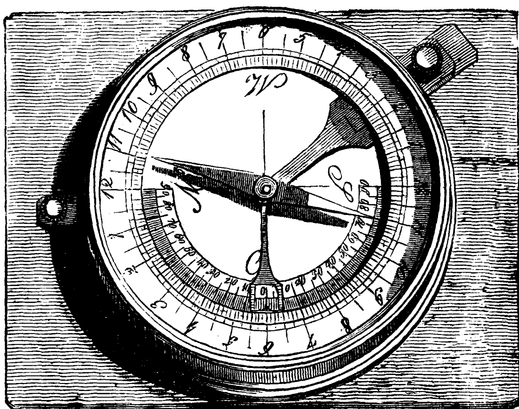


Fig. 405. Bergkompass.

Jordmagnetismen. Forskar man efter orsaken till magnetnålens riktning, visar det minsta eftersinnande, att hon måste härledas från någon yttre verkan. Ty en inom en kropp verksam kraft må vara aldrig så mäktig, förmår hon dock hvarken rikta eller röra honom, om hon ej på ett eller annat sätt kan få en stödjepunkt utom honom. Och då man nu lätt kan utröna, att ingen annan kraft förmår afleda en magnet ur hans riktning, än magnetismen sjelf eller, hvad som är det samma, elektriska strömmar, ligger det nära till hands att antaga jordens allmänt utbredda magnetiska beskaffenhet som orsak till den magnetiska riktkraft, hvilken man öfver hela jorden och ända upp i luftkretsens högsta regioner kan iakttaga.

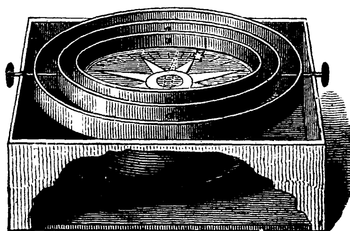


Fig. 406. Skeppskompass med Cardans upphängning.

Jorden förhåller sig som en stor magnet; hon har två poler, af hvilka den ena måste ligga i nordpolens, den andra i sydpolens granskap, ty öfver

jordens hela yta sammanfaller ungefär magnetnålens riktning, den magnetiska meridianen, med middagslinien. Öfverensstämmelsen är emellertid ej fullkomlig, ja, de jordmagnetiska förhållandena äro ej en gång alltid de samma.

Bestämmandet af jordens magnetiska tillstånd utgör derför fortfarande en af fysikens vigtigaste uppgifter, ty vi ha här att göra med en allmänt verksam kraft, hvars inflytande på jordens förhållanden vi ej en gång ännu förmå fullständigt öfverskåda. Men synnerligt framträdande fenomen, sådana som norrskenet, gifva oss en tillräcklig vink om den stora betydelse, man kan tillägga magnetismens inflytande. Humboldt har i synnerhet förvärfvat sig odödlig förtjenst om denna del af jordläran. På hans kraftiga uppmaning har öfver hela jorden utbredts ett nät af meteorologiska observatorier, der man efter en gemensam plan på bestämda tider mäter och antecknar lufttrycket, fuktighetshalten, temperaturen, vindens riktning o. s. v., men i synnerhet vår planets magnetiska förhållanden, så att man genom förening af de särskilda iakttagelserna kan göra sig en noggrann föreställning om jordens tillstånd i allmänhet, för så vidt detta är beroende af nyss nämda fenomen. Och liksom Humboldt riktat den allmänna uppmärksamheten på detta vigtiga ämne och skaffat det ett verksamt understöd, hafva andra genom utmärkta observationsmetoder och granskning af de sålunda erhållna resultaten på det mest glänsande sätt riktat den ännu helt unga vetenskapen. I synnerhet hafva Gauss och Weber genom sina öfver allt använda snillrika iakttagelsemetoder på det väsentligaste bidragit att utbilda en af naturlärans vigtigaste delar. Medelst deras uppfinningar har det blifvit möjligt att följa den hemlighetsfulla naturkraftens vexlingar på spåren, äfven om de föregå tusentals mil ifrån oss.

Deklination, inklination och intensitet. Om vi likna jorden vid en verklig magnet och kalla den pol, som ligger i nordpolens närhet, den magnetiska nordpolen, föreställer egentligen den punkt af magnetnålen, som riktas åt denna pol, magnetnålens sydpol. Man kallar honom likväl icke så, utan, efter det motsvarande väderstrecket, nordpol. Denna benämning är visserligen oriktig, men då hon ej har något afseende på magnetismens inre natur och länge varit bruklig, vilja äfven vi bibehålla henne.

Upphänga vi nu en magnetnål på det sätt, att hon ej blott i vågrätt, utan äfven i lodrätt plan kan fritt vrida sig kring upphängningspunkten, märka vi, huru hon, jemte sin riktning mot nordpolen, äfven intager en bestämd lutning mot horisonten och, så ofta man än bringar henne ur detta läge, oupphörligt åter intager det samma. Vi kunna således antaga, att jordens magnetiska pol befinner sig i riktningen af magnetnålens förlängning. Liksom man bestämmer den horisontala magnetnålens riktning genom den vinkel, hon gör med den astronomiska meridianen, den s. k. deklinationen, hvilken man, allt efter den afvikelse, som eger rum åt öster eller vester, benämner östlig eller vestlig deklination, lika så bestämmer man i fråga varande lutning, inklinationen, genom nålens vinkel mot horisonten. Man begagnar dertill ett

särskildt instrument, *inklinatorium*, hvars inrättning lätt kan fattas af fig. 407. Deklinationen och inklinationen äro olika för olika orter på jorden, och man kallar de linier, hvilka sammanbinda punkter på jordytan, som hafva lika deklination eller inklination, *magnetiska kurvor*. Föreställa deklinationskurvorna de magnetiska meridianerna, beteckna inklinationskurvorna på sätt och vis parallelcirklarna (fig. 408). Iakttagelsen af deklinationen eller det förhållandet, att de magnetiska polerna ej sammanfalla med jordens poler, finna vi först antecknad i den skeppsjurnal, som *Columbus* förde på sin första upptäcktsresa år 1492. Under den 13 september heter det der: "Vid nattens inbrott visade kompassen en afvikelse mot nordvest; på morgonen var denna missvisning något mindre." Men orsaken till företeelsen sökte den djerfve sjömannen ej i de jordmagnetiska förhållandena, om hvilkas natur man den tiden hade mycket ofullständiga begrepp, utan i den omständigheten, att polstjernan ej noga utvisar den astronomiska polen, utan gör en kretsrörelse, som nålarna icke följa. Med denna förklaring, understödd af den tillfälligheten, att missvisningen ej åter anmärktes den följande morgonen, lugnade han skeppsfolket, som med ängslan betraktat det flera gånger synliga fenomenet. Först på återvägen från Vestindien insåg Columbus sitt misstag och upptäckte, att det på Atlantiska oceanen fins en linie för rättvisning, efter hvars öfverskridande magnetnålen är underkastad en afvikelse från sin nordliga riktning. Härvid måste vi på förhand anmärka, att magnetnålens riktning med tiden undergått förändringar och att nålen år 1492 visade på samma ställen annorlunda än nu. Vid de båda polerna stå magnetnålarna lodrätt, deklinationen försvinner helt och hållet. Inklinationen deremot aftager mot eqvatorn, och det finnes här rundt omkring jorden ett bälte, der hon är lika med noll, d. v. s. der magnetnålen, dragen lika starkt från båda polerna, håller sig i ett fullkomligt horisontalt läge. Detta bälte kallas den *magnetiska eqvatorn* eller den *akliniska linien*.

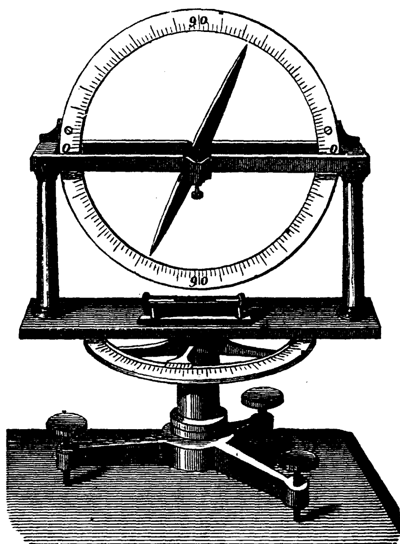


Fig. 407. Inklinatorium.

Men utom deklinationen och inklinationen finnes ännu en faktor att taga i betraktande, nämligen jordmagnetismens *intensitet*, den sammanlagda styrkan af den kraft, hvilken i de båda omnämda fenomenen yttrar sig som två faktorer. Bland andra metoder uppmätes intensiteten äfven på ett högst skarpsinnigt sätt genom svängningstiderna hos större magnetiserade stålstänger; dessa oscillera hastigare, ju starkare, och långsammare, ju svagare intensiteten är.

Jordmagnetismens förändringar. Men ingen af dessa jordmagnetismens faktorer, hvarken deklinationen, inklinationen eller intensiteten, är ständigt den samma. De förändras tvärt om nästan oupphörligt, ty de äro på ett ännu okändt sätt beroende af ljus-, värme- och elektricitetsförhållandena, och liksom dessa vexla med jordens fysiska tillstånd, åstadkomma de samtidiga omskiften i de magnetiska förhållandena. Att iakttaga dessa variationer och genom jemförelse under längre tid så vidt möjligt söka utröna lagen för beroendet, är ändamålet med den stora omsorg och möda, som vid de talrika magnetiska stationerna i Indien, på stepperna vid kinesiska gränsen, långt bort på Söderhafvets öar, i Grönland, vid Goda hoppsudden ej mindre än i de europeiska universitetens observatorier oafbrutet egnas åt aktgifvandet på magnetnålens oscillationer. Den resande naturforskaren räknar magnetnålen bland sina vigtigaste apparater, och liksom Humboldt på Sydamerikas Cordillerer och i den

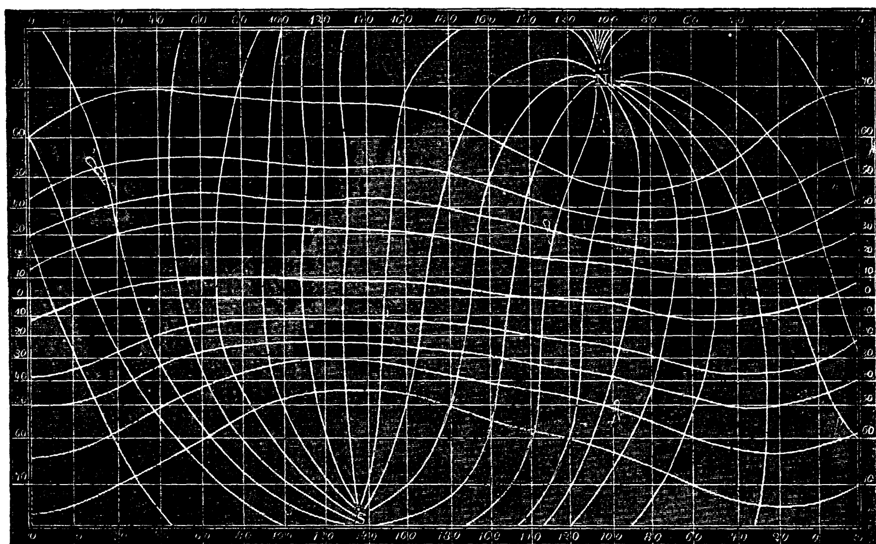


Fig. 408. Magnetiska kurvor.

enkla rörkojan i de sumpiga urskogarna på Amazonflodens stränder, ha äfven Kane och nu senast den svenska expeditionen till Spetsbergen under Nordenskiöld högt upp i de arktiska regionerna genom sina magnetiska observationer gjort jordkunskapen de största tjenster.

För enstaka orter hade man redan långt förut märkt en långsam förändring af deklinationen. Så var hon t. ex. i Paris år 1580 11° 13′ östlig, 1618 deremot blott 8°, 1663 sammanföll den magnetiska meridianen med den astronomiska, 100 år senare afvek magnetnålen 8° 10′ åt vester, 1780 omkring 19° 55′, 1805 ungefär 22° 5′, 1814 omkring 22° 34′. Men sedan denna tid går nålen åter tillbaka; 1852 uppgick den vestliga deklinationen endast till 20° 25′. Dylika långsamma förändringar kallas sekulära variationer; de sträcka

sig öfver hela jorden, och i denna mening hafva således äfven de jordmagnetiska kurvorna ingen varaktighet, utan kartorna deröfver måste tid efter annan förändras.

Läget af Friedrichsstrasse i Berlin bestämdes noga efter magnetnålens riktning, då gatan anlades; kompassen blef härigenom ett moment i tidräkningen.

Men magnetnålen iakttager ej vid sina stora sekulära svängningar någon stadig gång, utan gör under tiden ryckningar fram och tillbaka, hvilka sins emellan röja en viss regelbundenhet, allt efter dygnets timmar, de dagliga variationerna. I våra trakter visar deklinationsnålen sin största afvikelse åt öster kl. 8 på morgonen, derefter går nordändan temligen hastigt åt vester, emellan kl. 1 och 2 vänder hon åter, under dagens och aftonens timmar fortare än under nattens, tillbaka i sitt förra läge.

Liksom vid deklinationen, har man äfven vid inklinationen iakttagit en sekulär, en årlig och en daglig variation, och då deklination och inklination stå i så stort beroende af hvarandra, kunna vi förutsätta samma orsaker till båda fenomenen. Men medan man i de klimatiska förändringarna kan märka ett vexelförhållande till de kortare perioderna, är man ännu helt och hållet i okunnighet om orsakerna till de sekulära omskiftena.



Fig. 409. Kane, observerande magnetometern.

Norrskenet. Dessa förhållanden leda oss till ett fenomen, hvars förklaring i forna tider erbjöd oöfvervinneliga svårigheter och som i följd af okunnighet och vidskepelse betraktades med en känsla af fruktan och skräck. Men kunna vi äfven i våra dagar ännu ej lemna någon fullständig förklaring öfver alla vid norrskenet inträdande fenomen, veta vi likväl genom obestridliga rön, att det står i det närmaste sammanhang med jordens magnetiska tillstånd och lämpligast kan anses som ett magnetiskt oväder, hvarunder de störda förhållandena sträfva att åter sätta sig i jemvigt.

Hos oss visar sig norrskenet ganska ofta, och i ännu nordligare trakter lyser det nästan alla nätter. På en år 1838 till det nordliga Norge utsänd expedition

observerade marinlöjtnanten Lottin under en tid af 206 dygn ej mindre än 143 norrsken.

"Emellan kl. 4 och 8 på eftermiddagen färgades öfre delen af det glesa töcken, som der nästan alltid står i norr. Den ljusa randen antog småningom formen af en båge, hvars ändar stödde sig på horisonten. Bågens topp förblef i den magnetiska meridianens riktning. Snart synas mörka strimmor, som dela den ljusa bågen, och sålunda bilda sig strålar, hvilka än långsamt, än hastigt förlängas eller förkortas. Strålarna skjuta uppåt himmeln och förlängas stundom ända till den punkt, mot hvilken inklinationsnålens sydpol pekar, sålunda bildande ett fragment af ett ofantligt ljushvalf. I den mot zenit växande bågens sken visar sig en vågformig rörelse, ljusstrålarnas glans växer från den ena bågfoten mot den andra, och ljusvågorna gå än från vester mot öster, än i omvänd ordning. Äfven i sin horisontala utbredning kommer bågen i rörelse; han böljar och svallar, han utvecklas likt ett fladdrande band eller en svajande fana. Mången gång skiljer sig än den ena, än den andra af bågens fötter från horisonten, stundom båda, och då blifva dessa böjningar talrikare och tydligare. Bågen visar sig nu som ett långt strålband, hvilket utvecklas, delar sig i flera stycken och bildar behagfulla kroklinier, som nästan sluta sig tillsammans och frambringa, hvad man kallat kronan. Då förändras plötsligt strålarnas ljusintensitet; hon öfvergår stjernornas af första storleken; strålarna uppskjuta hastigt, bilda krökningar och upprulla sig som en orms ringlar; nu färgas strålarna, basen är röd, midten grön, medan den öfriga delen bibehåller sin ljusgula färgton. Det ömsesidiga läget mellan färgerna ändras ej, och de ega en beundransvärd klarhet. Det röda närmar sig ljust blodrödt, det gröna en blek smaragdfärg.

"Ändtligen minskas glansen, färgerna utplånas, hela fenomenet försvinner, antingen med ens eller mattas efter hand allt mer. Men enstaka bitar af bågen uppflamma igen, han bildar sig på nytt, han fortsätter sin uppstigande rörelse och nalkas zenit. I följd af perspektivet synas strålarna allt kortare, då bågens topp når det magnetiska zenit, den punkt, mot hvilken inklinationsnålens sydspets pekar. Emellertid bilda sig nya bågar vid horisonten; de följa hvarandra, medan de alla genomgå nästan samma skiften, bibehållande lika afstånd sins emellan. Mången gång blifva dessa mellanrum mindre, flera af bågarna nå hvarandra och erinra genom sin ställning om våra teatrars s. k. takkulisser, när de skola föreställa himmel. Så ofta strålarna högt upp på himmeln öfverskridit det magnetiska zenit, tyckas de från söder konvergera mot denna punkt och bilda på sådant sätt den egentliga kronan. Norrskenets krona är utan tvifvel endast en verkan af perspektivet, och en åskådare, som i detta ögonblick befinner sig längre söderut, ser säkerligen ingenting annat än en båge.

"Tänker man sig nu ett lifligt spel af strålar, hvilka ständigt omskifta så väl i längd som glans, att de skimra i de herligaste röda och gröna färger, att en vågformig rörelse eger rum, att ljusströmmar följa hvarandra, att hela himlahvalfvet tyckes vara en ofantlig eldkupol, som dels hvilar på den med

snö betäckta marken, dels bildar en bländande ram till det lugna hafvet, har man en någorlunda fullständig bild af detta underbara skådespel, som i sjelfva verket trotsar all beskrifning."

Så skildrar Lottin det vid Bossekop betraktade norrskenet.

Den spektroskopiska undersökningen af norrskenet har visat, att ljusbågens spektrum företrädesvis består af en enda klar, gulgrön linie, belägen emellan de fraunhoferska linierna *D* och *C*. Samma linie har Ångström sett i zodiakalljusets spektrum; hon öfverensstämmer icke med någon oss bekant gaslinie.

De gränser, inom hvilka ett och samma norrsken är synligt, äro ofta ganska vidt skilda, och häraf kan man sluta till, på hvilken stor höjd den magnetiska processen försiggår. Så t. ex. observerades ett norrsken den 28 augusti 1859 på en sträcka af 140 längdgrader, från California ända till östra delen af Europa och från Jamaica till de nordligaste trakterna af britiska Amerika. Af dylika iakttagelser har Mairan slutat till höjder om mer än 100 geografiska mil, i hvilka ljusutvecklingen eger rum.

I polarskenens uppträdande tyckes en viss periodicitet göra sig gällande. Jemte det Loomis såsom den vanliga tiden för deras förekomst i Canada uppgifver omkring kl. 11 på natten samt för högre breddgrader midnatt och kl. 1 på morgonen, hafva andra, och i synnerhet Fritzsch, nyligen sökt visa, att ett maximum för norrskenens talrikhet alltid återvänder efter 11 års förlopp. Fem sådana 11-årsperioder skola utmärkt sig genom ännu betydligare maxima. Märkligt är, att man äfven för solfläckarnas återkomst tror sig ha iakttagit en elfvaårig period och för stjernfallen (Alexander von Humboldt) en tretiotreårig.

Strålriktningens öfverensstämmelse med den magnetiska meridianen gaf redan tidigt anledning till den förmodan, att norrskenet står i nära sammanhang med jordmagnetismen. Detta bekräftades af den omständigheten, att magnetnålen under hela tiden, ett sådant fenomen varar, visar en egendomlig oro, som ger sig till känna genom fram och åter gående ryckningar. Sedan man nu iakttagit, att samma underbara utstrålningar tid efter annan äfven visa sig vid sydpolen, att södersken en ofta framträda liktidigt med norrskenen och att båda stå i ett omisskänligt beroende af hvarandra, sedan man ofta med de finaste apparater observerat deras inflytelse på magnetnålen och så noga, att Arago, på grund af magnetnålens rörelser, kunde från sin kammare i Paris, många hundra mil från nordpolen, tillkännagifva det samtidiga uppflammandet af ett polarsken på den nordliga himmeln, sedan dess är det ej mera något tvifvel underkastadt, att denna beundrade, mycket fruktade naturföreteelse i sjelfva verket är, hvad Humboldt kallat henne: ett magnetiskt oväder.

Den störande inverkan, som norrskenet stundom utöfvar på den elektriska strömmen i telegraftrådarna, så att apparaterna börja arbeta af sig sjelfva och begripliga telegram ej kunna befordras, är ett ytterligare bevis härpå, då elektriska strömmar endast kunna af andra elektriska strömmar på sådant sätt oroas.

Med tillhjelp af ett luftförtunnadt rum, hvari man under medverkan af ett starkt elektriskt batteri låter elektricitet strömma öfver från en poltråd till en annan, kan man till och med i smått framställa ett konstgjordt norrsken. När vi tänka oss jorden omkretsad af elektriska strömmar från öster till vester, ha vi deruti förhållanden antydda, hvilka låta norrskenets företeelser framstå i begripligt sammanhang. Erkännas måste dock, att oaktadt obestridliga sakförhållanden, hvilka ganska tydligt ådagalägga det oriktiga i vissa förklaringar, man dock ännu ej kunnat åstadkomma en i alla punkter uttömmande teori för polarskenen.



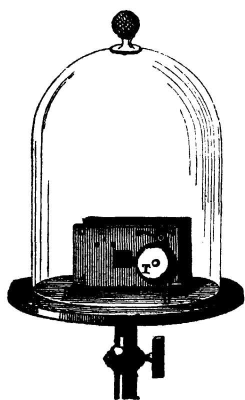
Tonernas verld.

Ljudvågorna. — Deras fortplantning och hastighet. — Reflexion. — Ekot. — Språkröret och luren. — Ton och färg. — Lägsta och högsta ton. — Vibrerande strängar. — Interferens. — Monokorden. — Intervaller och tonledare. — Dur och moll. — Helmholtz. — Svängningsknutar på strängar och skifvor. — De chladniska klangfigurerna. — Öfvertoner. — Instrumentens klangfärg. — Kombinationstoner. — Tartini och Sorge. — Piporna. — Öppna och täckta pipor. — Telefonen.

"Luften är ljudets bärerska", säger Humboldt i Kosmos, "således äfven en bärerska af språket, ideerna och samfärdseln mellan folken. Vore jorden, som vår måne, utan atmosfer, skulle vi nödgas tänka oss henne som en ljudlös ödemark."

Liksom vårt öga mottager ljusintryck på det sätt, att synnerverna påverkas af den öfver allt utbredda ljuseterns vågartade svängningar, lika så äro de intryck, vi genom örat erhålla, ingenting annat än verkningarna af rörelser, som genom örats hörselapparat öfverflyttas på hörselnerverna. När vi höra knallen af ett aflossadt skott, kunna vi af fönsterrutans skakningar märka, i hvilken våldsam rörelse luften blifvit försatt.

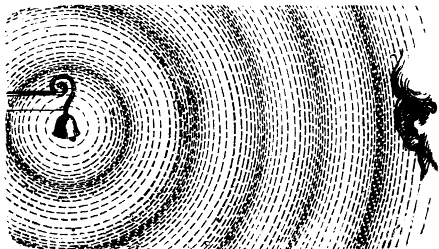
Allt, hvad vi höra, bruka vi beteckna med namnet ljud, och de svängningar, vågor, som frambringa ljudet, kalla vi derför äfven ljudsvängningar. De åstadkommas genom vexlande förtätningar och förtunningar af luften. Der luften saknas, kunna vi ej heller längre ha någon ljudförnimmelse. På höga berg ljuder rösten svagare än på slätten, emedan luften der är mera förtunnad. Saussure afsköt på Montblanc en pistol, och knallen föreföll ej starkare, än om två trästycken blifvit slagna emot hvarandra. Om vi bringa slagverket till ett ur under recipienten på en luftpump, höra vi slagen ännu mycket klara, innan vi börjat pumpa, men i samma mån luften genom utpumpningen förtunnas, aftager äfven ljudet och blir slutligen, när recipienten är lufttom, alldeles ohörbart, fastän vi se hammaren arbeta (fig. 411).


Fig. 411. Slagverk under recipienten.

Ljudvågornas fortplantning sker likformigt åt alla sidor, så att vågorna med sin yta alltid bilda en sfer omkring sin utgångspunkt. Ljudet kommer derför till hvarje särskild punkt i en rät linie, och det är i denna mening, man talar om ljudstrålar. Af ljudets fortplantningssätt följer, att dess styrka måste med afståndet bli allt svagare; intensiteten aftager med qvadraten på afståndet, så att ett pistolskott, som aflossas en aln från vårt öra, verkar hundra gånger starkare derpå, än om vi stode 10 alnar ifrån skytten.

Ljudet rör sig i luften med en hastighet af 1150 fot i sekunden, hvarvid dock är att märka, att enligt försök, som Regnault i Paris anstält, denna hastighet något minskas med ljudvågens afstånd. Medan sålunda en ljusstråle behöfver 8 minuter och 13 sekunder för att komma från solen till jorden, skulle ett rop, som vore starkt nog att dit framtränga, först efter $16^2/_3$ år höras på solen. För öfrigt få vi ej af det nu sagda tro, att ljudvågorna endast fortplantas af luften; äfven fasta kroppar kunna leda dem vidare. Denna omständighet har dock ingen betydelse för vår hörsel, ty denna kan alltid endast af luftsvängningarna mottaga intryck. Ljudets hastighet är till och med i fasta och flytande kroppar större än i luftformiga. Så t. ex. är hon i tenn 7, i jern, stål och glas $10^2/_3$, i silfver, messing och valnötsträ äfven $10^2/_3$, i koppar 12, i ebenholts $14^2/_5$, i furu ända till 18 gånger så stor som i luften. Furuträ är således utmärkt egnadt att mottaga ljudets svängningar, och det är äfven derför, detta träslag i musikinstrumentmakeriet spelar en så betydande rol. I synnerhet göras deraf stränginstrument, medan flöjter, klarinetter och andra instrument, hvilkas krop-

par ej sjelfva skola försättas i svängning, göras af den trögare ebenholtsen, buxbomen, elfenbenet och dylika ämnen. Dånet från vulkanen Morne Garou på S:t Vincent hördes ända till Maracaibosjön, 100 mil derifrån. Ljudet hade ej blifvit fortplantadt genom luften, utan genom jorden, och, som bekant, kunna vildarna genom att lägga örat mot marken med stor säkerhet uppfatta en fiendes annalkande, hans marschriktning och styrka. I vätskor fortplantar sig ljudet likaledes med stor lätthet, såsom hvar och en vid badning kan iakttaga. Fig. 413 föreställer en anordning, hvarigenom man kan mäta fortplantningshastigheten i vattnet. På den ena af två stationer, hvilkas afstånd från hvarandra är noga bestämdt, befinner sig under vattnet en klocka *C*, som genom hammaren *M* bringas att ljuda. Detta sker genom en häfstång, som medelst ett öfver en rulle löpande snöre *P* är på det sätt förbunden med en rörlig ljuskälla, att den senare beskrifver en fram och åter gående rörelse, hvar gång klockan träffas af hammaren. Observatören på den andra stationen, som genom ett hörselrör *T* uppfångar ljudvågorna, ser naturligtvis ljusets rörelse mycket förr, än han hör ljudet, och kan således af tidskilnaden lätt beräkna dess hastighet.


Fig. 412. Ljudvågornas fortplantning i luften.

Ljudets reflexion. Träffa ljudvågorna hinder i sin väg, blifva de på mångfaldigt sätt irriterade. Lättrörliga, men föga elastiska kroppar fortplanta ej den skakning, de mottaga. Täcken, mattor, draperier af ylle dämpa derför i rum, der de äro utbredda, samtal och musik. De släppa hvarken vågorna fullständigt igenom sig eller kasta dem kraftigt tillbaka. Helt annat är deremot förhållandet med hårda elastiska kroppar. De reflektera ljudstrålarna, och det efter samma lagar, som ligga till grund för ljusets återstrålning. Ljudvågorna äro dock vida större och fordra för sin fortplantning ojemförligt längre tid. Den långsammaste ljussvängning upptager en tid af en fyrahundrafemtio billiondels sekund, medan den lägsta hörbara ton består af svängningar af en tretio-

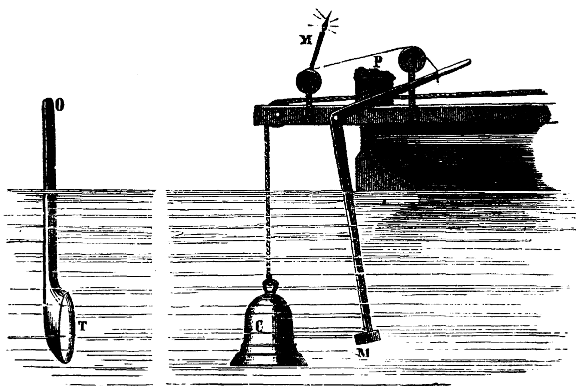


Fig. 413. Mätning af ljudets fortplantningshastighet i vattnet.

tvåendels sekunds tidslängd. För en fullständig reflexion fordras derför mycket vidsträckta, föga afbrutna ytor, ehuru de alls icke behöfva vara spegelblanka.

Befinner sig den reflekterande väggen på ett längre afstånd ifrån oss och på samma gång från ljudkällan, så att ljudet behöfver en märkbart längre tid för att på den brutna vägen nå vårt öra, höra vi de återkastade ljudvågorna särskildt för sig, och senare än de direkta, och kalla denna företeelse ett eko. Under gynsamma omständigheter kan ett sådant eko upprepa icke blott ord, utan äfven hela satser. Berömd för sitt eko är Lurleiklippan vid Rhein, men framför allt slottet Simoneta invid Milano, der knallen af ett från hufvudbygnadens fönster aflossadt skott upprepas af ett femtiofaldigt eko.

Bugtiga ytor kunna, alldeles som ihåliga speglar, samla ljudstrålarna, och, som bekant, gör man af detta förhållande i konsertsalar, teatrar och andra dylika bygnader ett vigtigt bruk. Man omgifver nämligen ej blott det inre rummet med väggar, hvilka genom sin mjukhet (tapeter) så litet som möjligt uppehålla och dämpa ljudet, undviker ej blott hörn, vinklar och pelare, hvilka förvirra och sönderrifva det, utan söker äfven genom att så mycket som möjligt närma sig formen af en ellips tillgodogöra de högst fördelaktiga egenskaperna hos denna kurva. I hvarje ellips finnas nämligen två punkter af den egenskap, att alla strålar, som utgå från den ena af dem, så återkastas af sidoväggarna, att de alla på samma gång åter sammanträffa i den andra. Ljudet blir derigenom så koncentreradt, att i ett fullkomligt elliptiskt hvälfdt rum det minsta ord, som med låg stämma yttras på långt afstånd, kan tydligt uppfattas. De förrädiska trappor, fönster, salar, som förekomma i gamla slott och på hvilkas anläggning byggmästarna ofta nedlade stor möda, äro tydliga bevis derpå, och det namnkunniga "Dionysios' öra", ett till fängelse inrättadt stenbrott, der fångarna ej skola kunnat yttra ett ord, utan att det hördes, hade sannolikt samma egendomlighet att tacka för sin farliga betydelse.

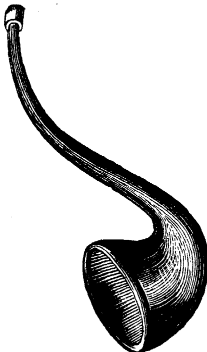


Fig. 414. Luren.

Språkröret och luren. Der ljudvågorna oupphörligt återkastas från de omslutande väggarna så, att de endast kunna utbreda sig i en riktning, der samlas och förstärkes deras kraft i denna riktning. Den berömde franske fysikern Biot har i detta afseende anstält försök med vattenledningsrör, som nedlades i Paris. Han stälde sig en stilla natt vid ena ändan af ett något öfver 3000 fot långt rör, medan vid den andra ändan spelades på allahanda instrument, talades och gjordes buller af alla grader af ljudstyrka. Det kunde ej märkas, att ljudvågorna på denna långa sträcka förlorade det minsta af sin intensitet; den finaste ton uppfattades, och det enda sättet att ej höra något var, såsom Biot uttrycker sig, att fullkomlig tystnad iakttogs äfven vid den andra ändan af röret.

Sedan länge ha dessa förhållanden funnit användning i språkröret och luren. I en gammal, 1516 från arabiskan öfversatt och i Rom tryckt bok, som utan grund blifvit tillskrifven Aristoteles, berättas, att Alexander den store haft ett horn, hvarmed han på mer än 100 stadiers afstånd kunde kalla till sig afdelningar af sin armé. Detta horn var väl dock snarare en stridslur, af samma slag som den, hvari sagans frejdade Roland för sista gången stötte vid Ronceval, än ett egentligt språkrör, som fortplantar begripliga ord. Ett sådant uppfans först 1670 af sir Samuel Morland, som i Karl II:s närvaro dermed anstälde försök i Deal, dervid han begagnade sig af ett kopparrör om 5,6 fots längd, som han gifvit formen af en stympad kägla. Dess diameter var i ena ändan 1,9, i den andra 17,5 tum, och rösten kunde derigenom höras på en half mils afstånd. Redan tjugu år förut hade den bekante Athanasius Kircher visat en inrättning, hvarigenom personer med dålig hörsel lätt kunde uppfatta, hvad som talades. Hon bestod likaledes af ett kägelformigt rör, hvars spetsiga ända instacks i örat, medan den talande satte munnen intill den bredare ändan. Det var dock först senare, Kircher fäste uppmärksamheten på, att, om man vänder om denna lur och talar i den spetsiga ändan, han äfven låter begagna sig som språkrör. Nu mera har instrumentet genom de olika slagen af telegrafin förlorat äfven den lilla betydelse, det möjligen en gång egde, och man begagnar det sällan annat än på fartyg, höga berg och torn för att meddela sig med de nedanför varande, så framt man ej till språkrören vill räkna de rörledningar, hvarigenom man från olika delar af samma bygnad kan meddela sig med hvarandra.

Luren deremot har ett varaktigt värde; han är på visst sätt för örat, hvad brännglaset är för svaga ögon. Han har formen af ett något koniskt rör med vidgad ljudöppning, snarlik ett horn, och uppfyller ganska väl sitt ändamål att upptaga en större mängd ljudvågor, koncentrera dem och på detta sätt leda dem in i örat, men är dock endast till gagn för sådana, som blott i mindre grad lida af döfhet och ännu förmå uppfatta starkare intryck. I synnerhet förträffliga äro guttaperkarören både för sin lätthandterlighet och emedan de genom förening af flera klockstycken med ett hufvudrör göra det möjligt för en person med svag hörsel att deltaga i ett samtal inom en större krets.

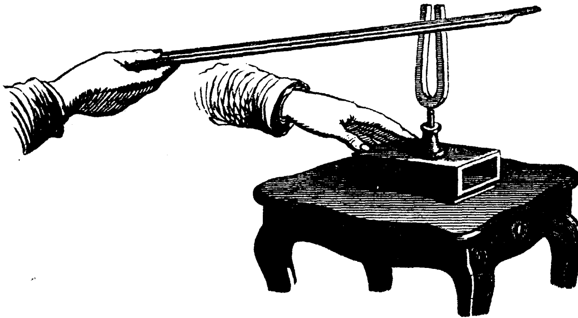
Tonen. Vi ha redan jemfört ljudets strålar med ljusets, men likheten gäller ej blott sättet för fortplantningen och återkastningen; vi kunna följa henne ännu längre och skola då, liksom vi sågo solljuset bestå af ljusvågor af olika varaktighet och brytbarhet, återfinna samma olikheter äfven i det, som vi innefatta i det gemensamma begreppet ljud.

Ett kanonskott, en rasslande vagn, en bräkande hjord, åskans dån väcka hos oss förnimmelser, som vi kunna jemföra med vanliga ljusintryck, t. ex. en uppskjutande raket, det genom återspegling i vårt öga kastade solljuset och dylikt.

Men liksom det hvita ljuset innehåller elementära beståndsdelar, som hvar för sig väcka bestämda färgförnimmelser, äro ej heller dessa ljud enkla våg-

rörelser; de visa sig fast mer som en mängd bredvid hvarandra bestående, i och för sig regelbundna svängningar, af hvilka hvar och en som en svängande pendel har sitt förlopp för sig och genom utslagets och hastighetens storlek skiljer sig ifrån de andra. Sådana regelbundna svängningar frambringa tonen, som skiljer sig från blotta ljudet och bullret på samma sätt som färgen från det hvita ljuset. Vi åtskilja hos honom höjd och djup och se orsaken till denna egenskap i den hastighet, hvarmed de särskilda vågorna följa hvarandra. Tonen väcker hos oss en bestämd förnimmelse, hvilket ej är fallet med det blotta bullret, och liksom öfver allt i naturen märka vi äfven här, att allt endast genom ordning och skön regel får sin fulländning, att det godtyckliga saknar skönhet, att harmoni och lagbundenhet äro likbetydande.

Ett förträffligt medel till undersökning af tonens natur erbjuder den så kallade sirenen, ett kugghjul, mot hvars tänder man blåser med ett fint rör. När hjulet vrider sig omkring, skär hvarje tand den genomgående luftströmmen och uppehåller honom ett ögonblick, liksom hjulet på den fizeauska apparaten (fig. 196). Så länge kuggtanden befinner sig framför mynningen till röret, förtätas luften i det senare, och genom denna omvexlande process alstras sålunda vågor, hvilka desto hastigare följa hvarandra, ju större hjulets omloppshastighet är. Man kan på detta sätt bestämma vågornas antal i sekunden och har funnit, att den lägsta ton under denna tid gör 32 svängningar. Långsammare svängningar förnimmas endast som enstaka luftstötar. Den högsta ton, vi förmå höra, uppstår genom 24000 svängningar i sekunden. Derutöfver har vårt öra ej längre förmåga att uppfatta toner. För öfrigt veta vi, att en musikalisk ton kan frambringas af hvarje elastisk kropp, som genom hastiga regelbundna svängningar kan medelst förtunning och förtätning sätta luften i motsvarande vågrörelse. Anslår man en stämgaffel eller en glasklocka, eller berör man dem med en stråke (fig. 415), ljuda de. Genom anslaget ha de blifvit försatta i svängningar, som i följd af stålets eller glasets elasticitet likformigt fortfara och som man lätt kan känna, om man håller stämgaffelns skaft mot tänderna eller med fingerspetsen berör klockans rand; ja, man kan låta stämgaffeln sjelf afteckna sina pendelartade svängningar, om man vid hans ena skängel fäster ett stift och för ett pappersblad förbi honom, medan han är i rörelse. Anledningen till svängningarna kan antingen, som här, vara en enkel (stöt eller slag) eller ihållande, såsom på fiolen och blåsinstrumenten.


Fig. 415. Stämgaffeln.

En spänd sträng ryckes af den hartsade stråken ur sin hvila; just som han vill åter försjunka deri, fattar honom stråken på nytt och rycker honom med sig,

och sålunda gör han sina rörelser hundra och tusen gånger i sekunden, och hvarje fram och åter gående rörelse väcker en ny sig fortplantande luftvåg, som alla tillsammans frambringa tonen. På blåsinstrumenten är det de elastiska läpparna eller vibrerande tungor, fjädrar och blad, som vid blåsningen af den komprimerade luften sättas i rörelse; i vissa fall försiggå äfven egendomliga sönderslitningar af luftströmmen, hvartill vi längre fram få tillfälle att återkomma.

Så mycket än musikinstrumenten, på grund af de olika sätten för tonens frambringande, skilja sig från hvarandra, ligga dock vissa gemensamma fysika-

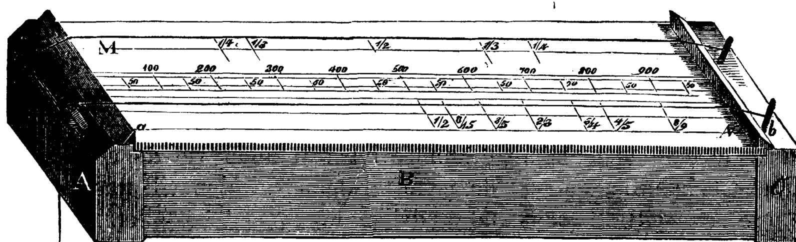
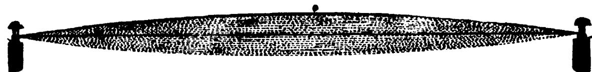


Fig. 416. Monokorden.

liska principer till grund för dem alla. Framför allt är detta fallet med svängningsförhållandena, hvarom det enklaste af alla stränginstrument, monokorden, skall närmare upplysa oss.

Monokorden har, såsom namnet antyder, blott en enda sträng, hvilken till tonens förstärkande är spänd på en ihålig trälåda, en så kallad resonansbotten, och medelst underskjutande af ett rörligt stall kan efter behag förkortas. Bottnen är försedd med en graderad skala. Figuren 416 föreställer en sådan apparat, men med två strängar, en förändring, som för undersökningen af svängningslagarna med fördel låter använda sig. När strängen strykes med stråken eller knäppes med fingret, gör han utslag åt sidan, så kallade transversalsvängningar. Punkten för det största utslaget ligger midt emellan de båda hvilande ändpunkterna (fig. 417). Äro båda strängarna lika långa, lika tjocka, lika elastiska och lika starkt spända, skola de äfven på samma tid göra lika många svängningar. Men svängningarnas både vidd och hastighet äro olika, allt efter som den ena eller andra strängens längd, specifika vigt, tvärgenomskärning eller spänning är olika. För detta beroende finnas några enkla lagar. Spänningen mäter man beqvämast derigenom, att man låter strängens ena ända löpa öfver en rörlig rulle och belastar honom med vigter; man finner då strängens svängningstal proportionelt med qvadratroten af de spännande vigterna. Om en sträng vid en belastning af ett skålpund gör 28 svängningar i sekunden, gör han vid två


Fig. 417. Svängande sträng.

skålpunds spänning 56. Deraf följer, att en högt ljudande sträng måste på sitt underlag utöfva ett mycket betydligt tryck, om han vore lika beskaffad som strängarna för de djupa tonerna. Man är derför nödsakad att ändra de andra faktorerna, som inverka på tonens höjd: längd, tjocklek, substans. Strängens vigt är så till vida af betydelse, som den elastiska kraften ensam skall röra hela hans massa. Detta lyckas henne så mycket förr och svängningarna blifva så mycket hastigare, ju lättare strängen är och ju mindre hans diameter och tvärt om. Svängningstalen för strängar af samma material förhålla sig, när längden och spänningen äro lika, omvändt som deras diametrar. Äro strängarna deremot af olika material, förhålla sig svängningstalen under för öfrigt lika förhållanden omvändt som qvadratrötterna af deras specifika vigt. Derför äro gitarrernas, violoncellernas m. fl:s lägsta strängar omspunna med metalltråd, som ökar deras tyngd och gör deras svängningar långsammare.

Dessa förhållanden komma mindre i betraktande vid de musikaliska instrumentens behandling än vid deras förfärdigande. Men vill man, såsom vid fiolen, gitarren, cittran och andra dylika instrument är fallet, ur en i vissa spänningsförhållanden befintlig sträng framlocka olika toner, tillgriper man ett annat medel: den svängande delens förkortning.

En sträng vibrerar så mycket hastigare, ju kortare han göres. Om t. ex. strängen *a b* (fig. 416), vibrerande i hela sin längd, gör 40 svängningar, skall han, om man genom att midt under honom inskjuta ett stall gör honom hälften kortare, på samma tid svänga 80 gånger och 160 gånger, om man ytterligare halfverar denna hälft o. s. v. Det är denna omständighet, att en strängs svängningstal står i omvändt förhållande till hans längd, som gör, att man vid fiolspelning genom fingrarnas sättande på strängen kan frambringa en hel rad toner med alla möjliga mellanlägen; sättas fingrarna närmare stallet, förkortas den vibrerande strängen, flyttas de deremot tillbaka mot snäckan, förlänges han. Den lösa strängen ger den lägsta tonen, grundtonen.

Liksom hvarje färg för sig visserligen är god, men först genom sammanställning med andra gör ett mer eller mindre angenämt intryck på vårt öga, är ej heller tonen ensam för sig föremål för konstnärlig behandling; det är först genom en förening af flera toner, som ett tonspråk uppkommer. Detta tonernas inbördes förhållande har sin grund i enkla matematiska förhållanden, hvari svängningstalen stå till hvarandra.

Musikaliska intervaller och skalorna. Om vi kasta en sten i en lugn dam, se vi, huru vågorna i koncentriska ringar skynda mot stranden. Kasta vi nu strax efter den första stenen mot alldeles samma punkt en annan, som skall framkalla vågringar af dubbel hastighet, skola de första större vågorna i sitt regelbundna förlopp ej lida någon synnerligt störande inverkan. Deras början och slut skall sammanfalla med de dubbelt mindres början och slut och i följd deraf punkterna för de största utslagen — vågberget och vågdalen — så mycket skarpare framträda. Men om den andra stenen på samma tid,

som den första behöfver för att uppdrifva två vågor, uppdrifver tre, skola böljslagen först efter två större vågor åter sammanträffa, men deremellan störa hvarandra vida mer än förut, och så vidare. Ju mera inveckladt de båda böljslagens förhållande är till hvarandra, desto mera förvirrad synes äfven vattenytan och desto svagare äfven anslaget mot stranden. Vårt öra är nu på visst sätt stranden, hvaremot tonvågornas ringar slå, och samma ömsesidiga inverkan, som två vattenvågor utöfva på hvarandra, eger äfven rum mellan luftvågorna och uppfattas af hörselnerverna.

En tonförbindelse gör i sin helhet ett så mycket angenämare intryck, ju lugnare de motsvarande böljslagen fortgå, och af det sagda framgår, att svängningsförhållandet 1 : 2 mellan två toner, såsom det enklaste, äfven är det lättfattligaste. Detta förhållande betecknar man i tonspråket med namnet oktav. Två toners afstånd från hvarandra i afseende på deras svängningstal kallas deras intervall. Oktaven är ett så enkelt förhållande, att man till och med anser de båda tonerna till qvaliteten lika och till intervallen 1 : 2 hänför alla möjliga intervaller. Man finner honom på monokorden, när man ger det rörliga stallet ett sådant läge, att $^2/_3$ af strängen ligga till höger och $^1/_3$ till venster om det samma; den längre delen ger den lägre tonen, den kortare den högre oktaven. Anbringar man stallet så, att $^3/_5$ af strängen ligga till höger och $^2/_5$ till venster derom, förhålla sig svängningstalen som 2 : 3 och vi erhålla qvinten. På samma sätt ger 3 : 4 qvarten, 4 : 5 stora tersen, 5 : 6 lilla tersen o. s. v.

Folkens musikaliska behof ha under tidernas lopp för sina allt mer förfinade ändamål lärt sig använda allt mera invecklade förhållanden. Sålunda har efter hand utbildat sig en skala med sju tonsteg mellan två oktavtoner, hvilkas intervaller för en grundton af 24 svängningar röra sig i följande förhållanden:

1	2	3	4	5	6	7	8
24	27	30	32	36	40	45	48
1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2

Bråktalen angifva svängningstalens förhållanden till grundtonen. Till grund för denna skala ligga de enkla intervallerna, grundton, qvint, qvart, stor ters, sext och oktav. Qvinten och stora tersen höras i de flesta toner mycket tydligt med, såsom de första af de särskilda intervallerna i de harmoniska öfvertonerna **C** c **g** c′ **e**, och bilda i sjelfständig förening med grundtonen den enklaste harmoniska effekten, durtreklangen. De ännu återstående, för en angenäm tonföljd ännu allt för stora intervallerna mellan grundton och stor ters, sext och oktav utfyldes derigenom, att man öfver qvinten, såsom den med grundtonen närmast beslägtade tonen, uppförde en ny treklang (grundton, ters och qvint) och lade dess qvint en oktav längre ned.

Men jemte den stora tersen 4 : 5 utmärker sig äfven den lilla tersen genom synnerlig enkelhet i svängningsförhållandet 5 : 6 och har derför äfven blifvit utgångspunkt för en särskild skala, mollskalan.

I durskalan är steget från tersen till qvarten och från septiman till oktaven mindre än de öfriga; dessa intervaller kallas halfva toner, emedan

man emellan hvar och en af de öfriga hela tonerna kan inskjuta en dylik intervall. Fortskridandet inom en oktav från halfva till halfva toner är den *kromatiska skalan*. Här kunna vi dock ej inlåta oss på detta område, som ligger på sidan om vår egentliga väg. Blott *det* vilja vi tillägga, att vårt tonsystem i sin nu varande inrättning med sin dur- och mollskala, så matematiskt strängt det än låter framställa sig, dock ej är det naturligen enda möjliga. En egendomlig bildning och smakriktning ha skapat det, och om andra i olika före-

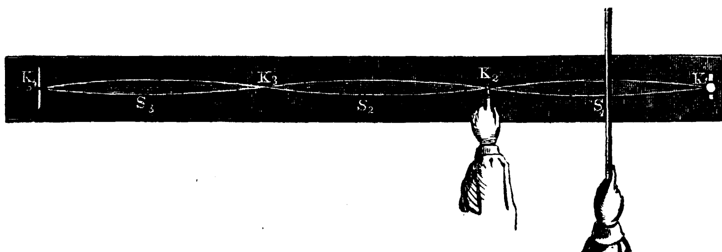


Fig. 418. Svängningsknutarnas uppkomst på spända strängar.

ställningar uppväxta folks musik ej vill falla oss i smaken, ha vi dock derför ingen rätt att anse henne som absolut oskön. Liksom vi småningom vant vår smak vid vissa tonföljder, måste vi äfven gifva andra rätt att föredraga förhållanden, som visserligen skilja sig från våra, men äro lika naturliga.

Den musikaliska utvecklingens förut ofta oriktigt och oklart uppfattade förhållanden ha på den senaste tiden genom *Helmholtz*, i hans lära om ton-

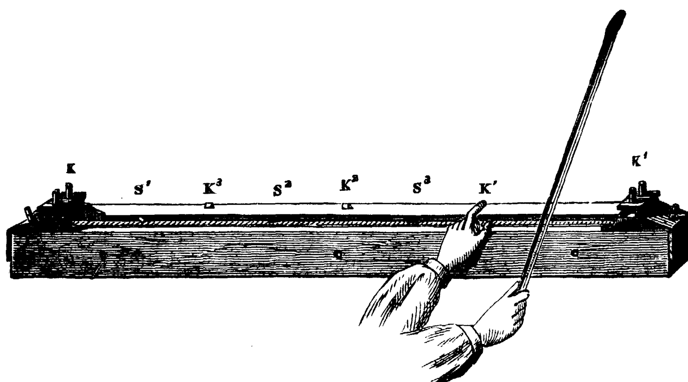


Fig. 419. Svängningsknutarnas uppkomst på spända strängar.

förnimmelserna, blifvit framstälda på ett sätt, som förtjenar kallas klassiskt. Icke blott den teoretiserande musiken har af detta epokgörande arbete mycket att lära, äfven instrumentmakaren och den utöfvande musikaliske konstnären finna der anvisningar af yppersta slag.

Svängningsknutar. Stränginstrumentens s. k. *flageolettoner* gifva oss anledning till ytterligare intressanta iakttagelser. De äro, som bekant,

vida högre än de toner, strängen, när han fritt vibrerar i sin fulla längd, skulle låta höra, och uppstå, när man med fingret sakta berör strängen i en punkt, som betecknar en utan rest i hans hela längd uppgående bråkdel, t. ex. $^1/_4$, $^1/_3$ o. s. v., och med stråken bringar honom att ljuda. När beröringen sker tillräckligt sakta, så att punkten derigenom visserligen hålles i hvila, men svängningarna det oaktadt ännu kunna meddela sig åt den öfriga strängen, vibrerar denna visserligen i hela sin längd, men icke som ett helt, utan i idel små afdelningar, som på sätt och vis bilda sjelfständiga strängar, hvilka sins emellan äro lika och bestämmas af den fasthållna punktens afstånd från närmaste ända. Delningspunkterna förblifva hvilande och kallas svängningsknutar. Medan i fig. 418 blott en sådan svängningsknut uppstår, bildas i fig. 419 vid beröringen af den första fjerdedelen två sådana knutar, K^2 och K^3; upphänger man i dessa punkter små pappersryttare, bli de der lugnt qvarsittande, medan de, om de anbringas på de mellanliggande vibrerande strängdelarna S^1 S^2 S^3, genast afkastas.

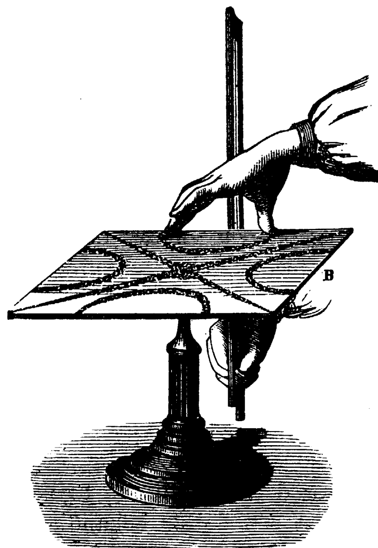
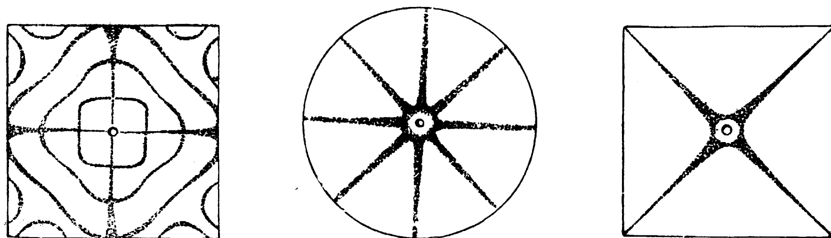


Fig. 420. Frambringande af de chladniska klangfigurerna.

Af denna strängarnas sjelfdelning gör man nu inom musiken en mångfaldig användning. En lätt beröring af strängen på det ställe, der man måste trycka med fingret för att erhålla qvinten, ger den höga oktaven, en lätt beröring af qvarten den höga duodeciman, af den stora tersen den högre dubbeloktaven o. s. v.

Svängningsknutar uppstå ej blott på vibrerande strängar, utan äfven på vibrerande luftpelare och plattor, och vi skola vid omnämnandet af de särskilda musikinstrumenten få tillfälle att återkomma till de senare. De äro äfven anledning till de chladniska klangfigurerna, om hvilkas tillkomst och olika beskaffenhet fig. 421—423 gifva oss en föreställning.


Fig. 421—423. Chladniska klangfigurer.

Plattan, som kan ha hvilken form som helst, blott han är regelbunden, fästes stadigt i en punkt, beströs med sand och sättes med en fiolstråke i

svängning. På alla svängande punkter råka nu sandkornen i en lifligt hoppande rörelse och ordna sig snart i regelbundna figurer på de delar, som ej indragits i den vibrerande rörelsen. Man kan lätt få figurerna att antaga en annan gestalt, om man genom att trycka fingret på andra ställen tvingar dessa att hålla sig i ro.

Öfvertoner. Dessa anmärkningar äro synnerligt vigtiga, ty hvad vi här afsigtligt framkalla, uppträder ständigt sjelfmant i naturen, så att vi väl kunna påstå, att en enkel, oblandad ton är den sällsyntaste af alla naturliga företeelser. Men på graden och arten af denna blandning med andra toner grunda sig de underbaraste effekter. Ville t. ex. en fiolspelare på en sträng låta höra det ettstrukna c eller någon annan not, skulle han med all sin konst ej kunna det. Hans grepp må vara aldrig så skarpt och säkert, stråkföringen aldrig så regelmässig, höras dock andra toner mer eller mindre tydligt derjemte. Detta förhållande har antingen sin grund deruti, att strängen af sig sjelf delar sig på samma sätt, som när flageolettonerna uppstå, eller att instrumentets öfriga beståndsdelar äfven komma i svängning, men hufvudsåkligen deruti, att i följd af det olika sätt, hvarpå strängen sättes i rörelse, små löpvågor gå fram öfver hela hans längd, alldeles som när mot ändan af ett spändt tåg riktas ett hastigt och lifligt slag och således jemte tvärsvängningarna äfven längdvibrationer uppstå. Alla dessa olika orsaker framkalla toner, som, förenade, utgöra detta totalljud, hvilket vi i musiken betrakta som representant af en viss not och derför behandla som en enkel ton.

Stå de medljudande tonerna i ett regellöst förhållande till hvarandra, får ljudet karakteren af ett buller. Slamret, suset, brusandet m. m. bestå visserligen af särskilda toner med regelbundet förlopp, men i följd af sina irrationela svängningstal kunna dessa senare ej förena sig till en harmonisk totaleffekt.

Bitonerna eller öfvertonerna, såsom de för sina högre svängningstal kallas, stå till grundtonen i ett lagbundet förhållande. Deras intervaller äro alltid fullt bestämda, men bero äfven till en del af den svängande kroppens natur, af svängningsförhållandena eller kraften, som sätter strängen i rörelse.

För spända strängar, öppna pipor m. m. uttryckas öfvertonernas svängningsförhållanden genom följande tal:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
c	e	g	$\overline{\text{c}}$	$\overline{\text{e}}$	$\overline{\text{g}}$	$\overline{\text{b}}$_	$\overline{\overline{\text{c}}}$	$\overline{\overline{\text{d}}}$	$\overline{\overline{\text{e}}}$	$\overline{\overline{\text{f}}}$	$\overline{\overline{\text{g}}}$	$\overline{\overline{\text{a}}}$_	$\overline{\overline{\text{ais}}}$_	$\overline{\overline{\text{h}}}$	$\overline{\overline{\overline{\text{c}}}}$

Allt efter som vissa sådana öfvertoner mycket starkt framträda, andra deremot försvagas eller helt och hållet försvinna, vexlar ljudets natur, och de särskilda instrumentens klangfärg beror hufvudsakligen af dessa högre partialtoners olika uppträdande i de på instrumenten framkallade ljuden. Märkvärdigt är äfven, att vokalernas bildning, den egendomliga karaktersskilnad, som råder t. ex. mellan a å ena sidan och o, u, e, i å den andra eller emellan dessa inbördes, beror af vissa bitoners samljudande. När en sångare på en bestämd not sjunger vokalen a, låter han genom den särskilda inrättningen af munhålan helt andra toner ljuda jemte hufvudtonen, än om han på samma

not sjönge vokalen o eller någon af de andra vokalerna, och samma bitoner är det äfven, som vid det vanliga talet göra ljudet till ett a eller ett o, u, e eller i. Helmholtz har genom sina undersökningar ej blott ådagalagt detta, utan äfven som bevis derpå genom blandning af de motsvarande tonbeståndsdelarna så att säga på artificiel väg framstält vokalerna. Ja, naturen gör det ofta sjelf, såsom klangen af de stora klockorna bevisar, hvilken i alla språk uttryckes genom stafvelser och ord, hvari vokalen u spelar en hufvudrol — bum, baum — medan mindre klockor låta höra det gällare *i* i bim, bim o. d.

Kombinationstoner. Uppstå alla öfvertonerna samtidigt med grundtonen och ligger deras orsak i de tonalstrande kropparna sjelfva, ges det å andra sidan tonförnimmelser, som först uppstå genom olika ljudvågors sammanträffande i vårt öra. Detta är de så kallade kombinationstonerna, efter den bekante fiolspelaren Tartini, som väl ej upptäckt dem, men först fäst uppmärksamheten på dem, äfven kallade de tartiniska tonerna. De uppstå först och främst derigenom, att vårt öra uppfattar de på olika tider ankommande vågorna af olika vågsvall som en enda tonorsak och i följd deraf förnimmer högre toner, hvilkas svängningstal är lika med summan af de ursprungliga tonernas svängningstal, summationstoner, men dessutom äfven derigenom, att vågorna i de särskilda vågsvallen ömsesidigt förstärka, försvaga eller upphäfva hvarandra.

Antaga vi t. ex., att en grundton och hans stora ters på samma gång anslås, sammanfaller den förras fjerde förtätningsvåg med den senares femte, och i samma ögonblick eger en ansvällning rum. Förnyas denna tillräckligt ofta i sekunden, uppfattar örat alla dessa förstärkningar, hvilka emellan sig hafva lika många försvagningar, såsom en ny djupare ton. Detta är de af Sorge, en tysk kompositör, omkring 1740 upptäckta kombinationstonerna, med hvilka äfven Tartini sedermera syselsatte sig och hvilka Helmholtz, i motsvarighet till de af honom upptäckta summationstonerna, kallat differenstoner.

Följa ansvällningarna hvarandra ej tillräckligt hastigt för att kunna gifva anledning till en tonförnimmelse, frambringa de i örat endast mekaniska skakningar, stötar. De följa hvarandra så mycket långsammare, ju närmare de båda tonernas svängningstal ligga hvarandra, och tvärtom så mycket hastigare, ju större deras olikhet är; de äro derför också för orgelbyggaren ett mycket säkert och beqvämt medel att noga stämma piporna mot hvarandra.

Med dessa företeelser sammanhänga äfven strängarnas och pipornas så kallade medljudande toner. När man inåt ett uppslaget piano med hög röst utsjunger en viss bestämd ton, råkar ett stort antal strängar i vibration, och ett temligen starkt klingande ljud låter höra sig. I detta ljud framträder den med den sjungna likartade tonen synnerligt starkt, och han höres ännu, sedan alla de andra tystnat. Detta förhållande låter förklara sig deraf, att hvarje svängning af strängen träffas af en i samma riktning verkande luftsvängning af den sjungna tonen och genom dessa upprepade små impulser de förra allt mer förstärkas. Alla andra strängar ha svängningar af olika hastigheter;

de små impulserna genom luftsvängningarna kunna derför ej förstärka dem, utan skola tvärtom stundom verka i rakt motsatt riktning och upphäfva tonen.

Svängande luftpelare, pipor. Ehuru till sitt utseende och behandlingssätt högst olika stränginstrumenten, grunda sig dock blåsinstrumenten till sina verkningar på alldeles likartade vibrationslagar. De vågartade luftförtätningarna och luftförtunningarna försiggå här på alldeles samma sätt, och de enda olikheterna ligga i sättet för deras frambringande. Till sin hastighet, hvaraf tonhöjden betingas, äro de beroende af den i instrumentet svängande luftpelarens längd, och denna står i direkt förhållande till instrumentets egen. Det enklaste uttrycket för den princip, som ligger till grund för alla blåsinstrument, finna vi derför också i ett enkelt, rakt, cylindriskt rör, hvari luften omvexlande förtätas och förtunnas, liksom principen för alla stränginstrument ligger i den spända strängens rörelsefenomen.

När vi blåsa i ett långt, nedtill öppet rör, åstadkomma vi dermed visserligen en rörelse af den inneslutna luften, men endast en likformigt fortskridande och ej någon oscillerande, som dock är nödvändig för toners frambringande. En sådan kan deremot framkallas af en framför rörets mynning vibrerande tunga, som, hvarje gång hon rör sig mot röret, åstadkommer en förtätning, vid sitt återgående deremot en förtunning af de framför henne befintliga luftpartiklarna. Man kan dock äfven genom de stötar, en luftström erhåller, då han bryter sig mot en utstående kant, försätta en luftpelare i svängningar, och båda slagen användas vid konstruktionen af musikinstrument. Trumpeten, valdhornet, basunen, klarinetten och fagotten äro exempel på det förra slaget, så kallade tungpipor; deremot representera orgelpiporna och flöjterna det andra slaget eller flöjtpiporna. Det är med dessa senare, vi här något litet skola syselsätta oss. Fig. 424 och 426 visa pipornas yttre form, fig. 425 och 427 deremot en genomskärning af de samma. Det genom den nedre delen, foten, inströmmande vädret ledes af den inskjutna kärnan *c* mot uppskärningen *ab*, brytes här mot den öfre kanten *b* och undergår derigenom en förtätning. Denna varar visserligen ej länge, emedan luften strax får tillfälle att utbreda sig, men nytt väder strömmar oupphörligt till för att i sin tur brytas mot kanten och sedan utbreda sig, och sålunda bildas af de tätare och tunnare luftskikten ljudvågor, som i snabb vexling följa hvarandra. De på detta sätt alstrade skakningarna meddela sig åt luften i rörets inre och söka försätta denna i lika hastiga svängningar. Men då den inneslutna luftpelaren lättast vibrerar såsom samlad massa, inverkar han genom sina tyngre rörelser på hastigheten hos de vid mynningen uppstående tonvågorna och reglerar den samma. Hvarje pipa har således sin särskilda ton, beroende af den inom henne svängande luftpelarens längd.

Det är klart, att hvarje stöt, hvarje förtätning, som från *a* verkar på den inre luftpelaren, skall i rörets hela längd fortplanta sig som en förtätningsvåg, tills hon uppnår den slutna ändan *d* (fig. 424 och 425), samt, här återkastad, taga vägen tillbaka till mynningen. Det undre luftlagret vid *d* för-

blir dervid i hvila, och här uppstår således en svängningsknut. Den ton, som en sluten pipa af en half parisfots längd ger, öfverensstämmer nu fullkomligt med den, som sirenen låter höra vid 512 stötar. Men i luften tillryggalägger ljudet 1 024 parisfot i sekunden, och då vågornas längd måste vara lika med den, hvarmed ljudet under en luftpartikels svängning fortplantar sig, måste hvar och en af de vågor, som alstra den ofvan nämda tonen, vara $^{1024}/_{512} = 2$ fot lång, och längden af en upptill sluten eller täckt pipa (fig. 424 och 425) utgör följaktligen endast fjerdedelen af den våglängd, hennes grundton eger. Tonhöjden är således omvändt proportionel mot längden.

På öppna pipor (fig. 426 och 427) bildas svängningsknuten i midten; för samma grundton måste den öppna pipan följaktligen vara dubbelt så lång som den slutna.

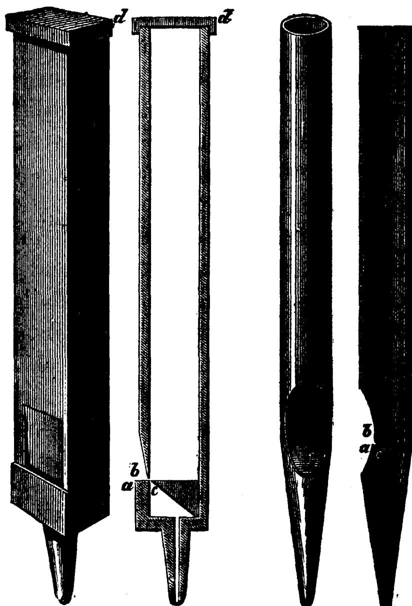


Fig. 424. 425. 426. 427.
Täckta och öppna pipor.

Liksom fiolens sträng under vissa förhållanden frivilligt delar sig och svängningsknutar på honom uppstå, lika så äro äfven de ljudande luftpelarna under vissa förhållanden egnade att skilja sig i aliqvota, för sig svängande delar och alstra högre öfvertoner. Kunde luftpelaren i ett rör aldrig svänga annat än på ett och samma sätt, skulle man naturligtvis ej heller någonsin med ett instrument kunna frambringa mer än en enda ton. Genom den nyss nämda egenskapen hos den svängande luftpelaren är konstnären nu emellertid i stånd att framkalla de mest skiljaktiga toner.

Följden af de högre toner, som genom den svängande luftpelarens sjelfdelning kunna uppstå i ett öppet rör, uttryckes genom serien

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C	c	g	$\bar{c}$	$\bar{e}$	$\bar{g}$	$\bar{b}$	$\bar{\bar{c}}$	$\bar{\bar{d}}$	$\bar{\bar{e}}$	$\bar{\bar{f}}$	$\bar{\bar{g}}$	$\bar{\bar{a}}$	$\bar{\bar{b}}$	$\bar{\bar{h}}$	$\bar{\bar{\bar{c}}}$

Högre upp rycka tonerna ännu mera tillsammans. Alla af enkla rör bestående blåsinstrument ger man en stor rörlängd för att bibehålla öfvertonerna så rena och klara som möjligt; de begagnas derför äfven sällan eller aldrig på sin grundton. Då tonernas svängningstal är mycket noga bestämdt, är äfven ett instrument, som uppbygger sin tonföljd på en viss grundton, för andra tonarter föga eller alls icke passande. Inom musiken begagnas derför äfven vid detta slags instrument för olika tonarter olika exemplar, som, ju lägre deras grundton är, hafva en så mycket större rörlängd. Så t. ex. fins det af hornen C-horn, F-horn, E-horn m. fl.; af klarinetterna C-klarinetter, A-klarinetter, B-klarinetter m. fl.; dessutom E-trumpeter, Es-trumpeter o. s. v. Basunen

kan, som bekant, genom rörets förlängning eller förkortning förändra den svängande luftpelarnes längd och på samma gång sin grundton.

Örat. I vårt öra slå luftvågorna, och några andra kunna ju ej framkalla någon tonförnimmelse, mot trumhinnan, en fin, spänd membran, som skiljer trumhålan från den yttre hörselgången. Trumhinnan upptager luftdallringarna och fortplantar dem genom de i trumhålan liggande och som ett fint häfstångssystem verkande hörselbenen till en annan på trumhålans motsatta vägg befintlig, stramt spänd hinna, som skiljer henne från labyrinten. Denna innehåller åter en vätska, labyrintvattnet, som upptager hörselbenens dallringar och deraf försättes i fram och åter gående rörelser, hvilkas hastighet noga motsvarar den på trumhinnan verkande tonhöjden. Dessa för öfrigt rent mekaniska rörelser mottager slutligen hörselnerven medelst alldeles egendomliga, formligt mot hvarandra stämda trådar, så att af en viss ton alltid endast vissa af dessa trådar sättas i rörelse, en företeelse, hvarpå hela förnimmelsen af särskilda toner hvilar.

Så förvirrade och mångfaldiga än de vågsvall, som träffa vårt öra, kunna vara, har det dock just i följd af denna inrättning i högsta grad förmågan att skilja de sammanhörande luftdallringarna från hvarandra och spåra dem till deras särskilda orsaker. Vi kunna i sorlet, som ständigt fyller den yttre verlden, urskilja vagnens rullning, skrattet, talet, fågelqvittret, urets pickande och det rörliga lifvets hundratals andra ljud och toner, ehuru de alla tillsammans och på en gång genom hörselbenens fram och åter gående rörelse verka på labyrintvattnet. Hörselapparaten är i detta hänseende oändligt beundransvärd och långt finare än sjelfva ögat, som visserligen, när det blickar på vattenspegeln af en dam, hvari vi på två eller tre särskilda ställen kastat stenar, kan i det krusade, guillocheartadt slingrade vågnätet urskilja de särskilda ringsystemen och spåra dem till deras särskilda orsaker, men så snart dallringspunkternas antal ökas, helt och hållet förlorar denna förmåga. Deremot kunna vi i tonmassan från en full orkestermusik urskilja hvarje särskildt instruments figurer, och ett öfvadt öra kan bland hundratals sångare upptäcka den detonerande.

Telefonin. Det låter mer än fantastiskt, när vi höra det påstås, att man medelst den elektriska telegrafträden kan meddela sig med en person, som befinner sig på flera hundra mils afstånd, så att denne med sitt öra kan förnimma vår röst med alla hennes egendomligheter, uppfatta den melodi, som vi sjunga, höra, när vi skratta, alldeles som han stode bredvid oss. Och likväl har denna möjlighet redan till en viss grad blifvit en verklighet.

Öfverläraren Reis i Frankfurt am Main hade den lyckliga tanken att söka göra den elektromagnetiska telegrafen till ett lika långt hörande öra, som han förut var ett vidt spejande öga. Den elektromagnetiska apparaten spelar i detta ofantliga hörselverktyg samma rol som hörselbenen, hvilka fortplanta luftdallringarna från den ena hinnan till den andra, och den enda skil-

naden mellan trumhålans inre och det sätt, hvarpå två sådana stationer äro förenade med hvarandra, ligger deruti, att i förra fallet de mot trumhinnan slående vågorna göras förnimbara genom ett häfstångssystem, i det senare åter genom en jernstångs dallringar.

Reis' telefon är afbildad i fig. 428 och har följande inrättning. På första stationen *I* befinner sig en låda, på framsidan försedd med en ljudöppning *A*. I denna öppning insjunges nu den melodi, som skall göras hörbar för en på den aflägsna stationen *II* befintlig person. Lådan har på sin öfre sida en med en stramt spänd hinna af svintarm tillsluten öppning. På denna hinna ligger ett mycket fint platinableck *p*, hvilket åter beröres af spetsen till ett med fjädring försedt platinastift *n*, som är så ställdt, att det, när hinnan är stilla, berör blecket, men, när hon vibrerar, vid hvarje svängning lemnar det samma. Genom denna vexlande beröring och skilsmässa slutes och afbrytes

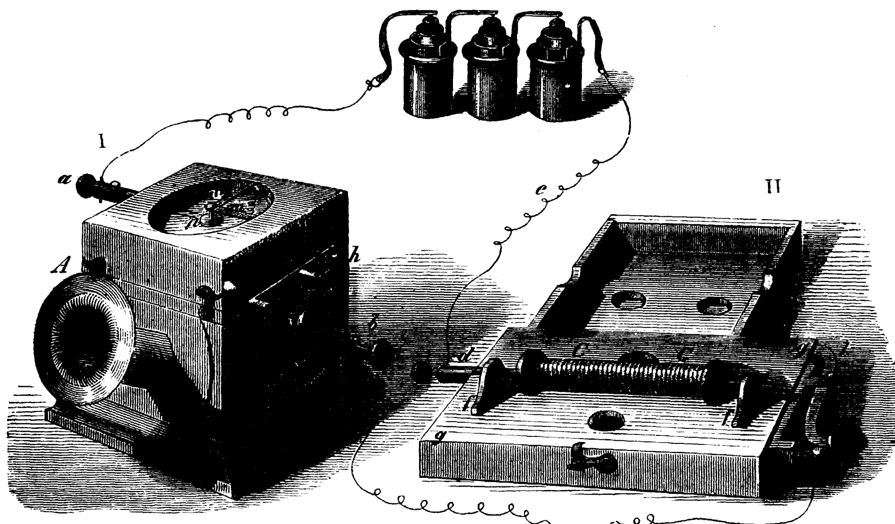


Fig. 428. Telefonen.

den elektriska ström, som från det bunsenska batteriet *B* (3—4 element) genom klämskrufven *a* ledes in i platinablecket *p* och från detta genom stiftet *n* in i den andra klämskrufven *b*. Från *b* går tråden till den andra stationen, lindar sig här omkring spiralen *C C* och fortsätter från denna genom klämskrufven *d* och den dermed förbundna tråden *e* tillbaka till batteriet. I midten af spiralen ligger en tunn jernstång, som med sina båda ändar är fäst i två stall *f f*, hvilka i sin ordning hvila på resonansbottnen *g g*. Delarna *h i k l* i båda stationerna tillhöra en inrättning, hvarigenom afsändaren kan fästa mottagarens uppmärksamhet på, att telegraferingen börjar.

Tonens återgifvande beror nu derpå, att den lilla jernstången, hvarje gång hon genom den i spiralen kretsande elektriska strömmen blir magnetisk, försättes i dallring. Så obetydlig än de minsta partiklarnas rörelse hvarje särskild

gång är, är hon dock tillräckligt stor att genom ett regelbundet och hastigt upprepande framkalla förnimmelsen af en ton, hvilken af resonansbottnen förstärkes och göres hörbar. Strömmarnas följd beror af den på första stationen befintliga hinnan *m*:s svängningar, och sålunda måste den af reproduktionsapparaten på den andra stationen framkallade tonen till höjd och djup noga öfverensstämma med den i ljudöppningen *A* insjungna tonen.

De försök, Reis i oktober 1861 anstälde med sin apparat, utföllo ganska tillfredsställande. En lagom högt sjungen melodi återgafs af reproduktionsapparaten tydligt på 340 fots afstånd. Och om också problemet ännu endast kan anses löst i teorin och apparaten ännu ej eger den fullkomlighet, som skulle göra det möjligt för en talare att samtidigt på huru många och huru långt från hvarandra belägna punkter af jorden som helst hänföra stora församlingar med sina ord, är han dock af tillräckligt intresse att här förtjena omnämnas.



De musikaliska instrumenten.

Rytmiska instrument: Kastanjetter. — Tamburäng. — Trumma o. s. v. — Pukor. — Klockor och klockspelare. — Melodiska instrument: Harpan och hennes uppfinning. — Egyptiska harpor. — Davidsharpan. — Pedalharpan. — Eolsharpan. — Lutorna, gitarren och cittran. — Klaveret och klaverartade instrument. — Historik. — Hackbrädet och spinetten. — Klavicymbalen. — Pianots uppfinning genom Cristofali, Schröter och Silbermann samt vidare utbildning genom Stein, Streicher m. fl. — Pianots bygnad: kroppen, mekaniken, besträngningen, hammare och dämmare, klangfärg. — Fiolen och fiolartade instrument. — Deras historia. — Fiol, altfiol, violoncell och kontrabas, teoretiskt afhandlade. — Fiolfabrikationens blomstringstid i Italien. — Fabrikationens öfverflyttande till Tyskland genom Stainer. — Mittenwald. — Blåsinstrumenten: Trumpeten och trumpetartade instrument. — Deras inrättning och teori. — Valdhorn och basun. — Klaffarnas och ventilernas användande. — Sax och Cerveny. — Flöjten. — Klarinetten. — Fagotten. — Böhms system. — Orgeln, hans historia och inrättning. — Registren. — Stämmornas sammansättning. — Walker. — Ladegast. — Intressanta orgelverk.

Inderna, hvilka från urminnes tider i sin kult anvisat musiken en utomordentligt hög plats, berömma sig äfven af musikinstrumentens uppfinning. Uti "Papegojans sagor", en samling, som i orienten ej åtnjuter mindre popularitet än "Tusen och en natt", berättas historien om den vise fågeln på följande sätt. Inderna påstå, att en bramin i en skog mellan några grenar påträffat de lufttorkade tarmarna af en apa, som sannolikt klättrat från gren till gren och dervid uppristat buken. Dessa tarmar skola varit de första spända strängar och i luftdraget klingat i ljufliga toner. Uppmärksam härpå, hade braminen nu förfärdigat ett slags lyra, hvars form och besträngning sedermera på mångahanda sätt ändrades och vidare utbildades. Det första kända

tonverktyg var flöjten, till hvars uppfinning fågeln Fenix' smala näbb med sin rad af små runda hål skall gifvit anledning; vid hvarje andedrag af fågeln klingade nämligen några underbara toner ur hans näbb.

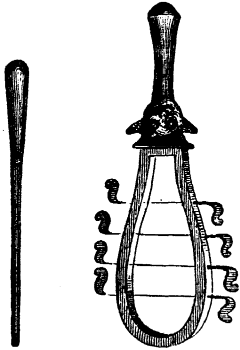


Fig. 430. Det fornegyptiska kemkem (sistrum).

Detta allt må lemnas derhän; men ur fysiologisk synpunkt är det af vigt att iakttaga det öfvervägande sinne för den rent rytmiska verkningen, som hos alla folk tyckes ha gifvit upphofvet till de första musikaliska alstren, ty vi finna på odlingens lägsta grader nästan uteslutande sådana instrument, hvilka genom karakteristisk klang egna sig för taktens utmärkande vid dansen.

De rytmiska instrumenten. Från den simpla träklossen, hvarpå fannegrerna slå med träpinnar, till trummorna och kastanjetterna, hvilka ej heller den moderna europeiska konsten försmår att använda, om det än sker i inskränktare grad, ges det en mängd dylika instrument, hvilkas utförligare beskrifning här dock ej vore på sin plats. Som egentliga musikinstrument stå de på det lägsta trappsteget, emedan de ej kunna användas till tolkande af mera förfinade känslor. Då emellertid i all musik det rytmiska elementet jemte det melodiska och harmoniska har sitt fulla berättigande, ja, utgör en oumbärlig faktor i tonkonsten, skola äfven dess organ alltid finna en viss användning.



Fig. 431. Tamtam i det kinesiska kejsarpalatset.

Tiden har ej synnerligt förbättrat dessa instruments ursprungliga form, ja, vid jemförelsen mellan forn- och nutidens tycker man sig i detta hänseende snarare märka ett tillbakagående. Ett stort antal dylika instrument, såsom de gamla egypternas kemkem eller isisskallran, har för oss nu mera endast ett historiskt intresse, och vi ha inga skäl att beklaga oss öfver deras försvinnande. Nu mera är det egentligen blott de folk, hvilka förmått behålla sina nationela egendomligheter mest oblandade, som i sin musik riktigt använda de krustiska instrumenten (slaginstrumenten). Den spanska folkmusiken begagnar i sina dansar och sånger kastanjetterna som karaktersinstrument. De äro

små urhålkade trästycken i form af nötskal, hvilka medelst ett snöre fästas kring fingrarna och i takt slås mot hvarandra. Till rytmens markerande tjenar derjemte tamburinen, en med ett spändt trumskinn öfverdragen och med bjellror besatt träring. Tamburinen begagnas vid dansen, då han med venstra handen hålles öfver hufvudet och af den högra anslås med baksidan af fingrarna.

Trumman i sina olika former: hvirfveltrumman (liten och hög), larmtrumman (bred och låg) och bastrumman, är beslägtad med tamburinen, men har en fullständigt sluten kropp af trä eller messing, ofvan och nedan försedd med ett spändt skinn, trumskinnet.

Bland metalliska slaginstrument böra nämnas bäckenen, platta, något kupiga och väl hamrade tallrikar, triangeln, den i janitsjarmusiken brukliga halfmånen och tamtam, till formen en stor, rund, något hvälfd metallplåt med smal kant. I likhet med gongen, en stor elliptisk trumma, spelar han en betydande rol i den kinesiska statsmusiken.

Intet af dessa instrument har någon bestämd ton. Deras klangverkan utmärkes genom det samtidiga framträdandet af ett ganska stort antal oharmoniska partialtoner, hvarför deras musikaliska värde också är ganska ringa. För öfrigt har den moderna dansmusiken gått ännu mycket längre och använder som pikanta klangeffekter icke allenast bjellror, tamtam m. m., utan härmar äfven lokomotivets skrammel och gnisslande, pisksmällar, åskdunder m. fl. retningsmedel.

Högre än nämda tonverktyg stå sådana slaginstrument, som ega bestämd tonhöjd och således äro användbara i melodiska och harmoniska tonförbindelser.

Pukorna äro trumartade instrument med en halfklotformig, ihålig kropp af koppar, hvaröfver ett skinn är spändt. De brukas vanligen parvis och ega således två toner.

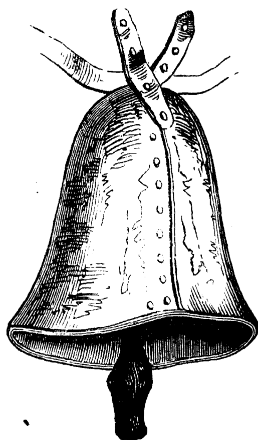


Fig. 432. Klocka från 6:e seklet.

Klockorna bestå af vissa metallblandningar. Deras tillverkning utgör en särskild konst, klockgjuteriet, hvarom mera i fjerde bandet.

Klockorna äro sannolikt en kristen uppfinning. Grimm härleder det tyska namnet från det fornhögtyska diu clocha och detta från clochen, slå, knacka. Den latinska benämningen är campana, äfven nola, som skall ha gifvits dem, antingen emedan de första klockorna götos i Nola i Campanien, eller emedan malmen från denna ort ansågs för den bästa. I 9:e seklet nyttjade de offentliga utroparna en liten klocka, tintinnabulum, och man kan antaga, att ett så enkelt instrument snart förfärdigades i olika form och storlek. Afbildningar af klockor och klockspel påträffas redan i handskrifter från ganska tidiga århundraden. En klockas grundton beror af öppningens diameter, af tjockleken, elasticitetsförhållandena, äfvensom af vigten. Men jemte grundtonen uppträder i hvarje klocka äfven en stor mängd öfvertoner, bland hvilka

många verka oharmoniskt. Derigenom samt genom de uppkommande kombinationstonerna, bland hvilka man synnerligast i efterklangen förnimmer de djupa, erhåller ljudet vid ringningen sin stora klangfullhet. Då metallen är mycket spröd och en förbättrande bearbetning medför betydlig möda och kostnad, söker man genast i gjutningen frambringa den åsyftade tonen, och en klocka med ett välstämmande ljud är derför ett ej så ringa konststycke. Förr i synnerhet fann man behag uti att sammansätta ett större antal olika stämda klockor till ett instrument, nämligen klockspelet, och genom anslående i motsvarande ordningsföljd utföra hela musikstycken. Uti S:t Georgskyrkan i Boscherville i Normandie finnes en från 11:e seklet härrörande basrelief, föreställande ett sällskap, musicerande på mångfaldiga då brukliga instrument. Fig. 435 ger en afbildning af detta märkvärdiga stenhuggararbete, hvartill vi framdeles återkomma. Bland här förekommande figurer ser man två, de båda sista i nedre afdelningen, som traktera ett klockspel. Stenen är visserligen just på detta ställe svårast gnagd af tidens tand, men af det, som finnes qvar, och med afseende på dessa instruments enkla behandlingssätt kunna vi dock utan svårighet föreställa oss det felande.

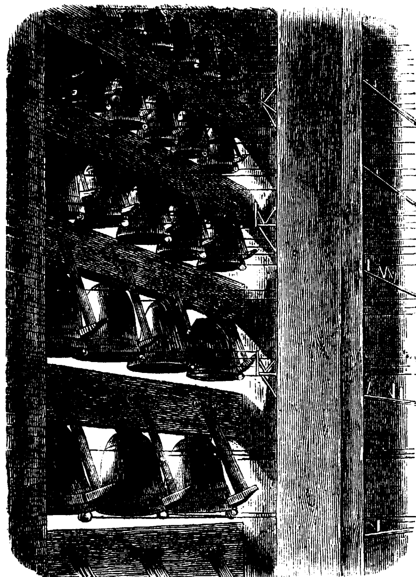


Fig. 433. Klockspel.

Fig. 433 och 434 visa oss de större klockspelens inrättning och sättet att behandla dem.

Äfven i orkestermusiken förekomma klockspel i mindre skala, hvilka anslås med hammare.

Med undantag af några ryska torde de största klockorna finnas i Tyskland. Fig. 432 föreställer en af de äldsta, den s. k. Saufang i Ceciliakyrkan i Köln, förfärdigad af en med kanterna öfver hvarandra hopnitad jernplåt. I England föredrager man sammansättningen af flera smärre klockors ljud framför den storartade, mäktiga klangen, och tornen ega derför ofta klockverk med en hel rad af klockor, stämda i den diatoniska, stundom ock i den kromatiska skalan. Dessa anslås ej med rytmiska mellanpauser, såsom hos oss, utan de särskilda tonerna sammanbindas i alla möjliga kombinationer, så att än skalan genomlöpes, än ters- och sextgångar m. m. utföras. Ofta bilda sig hela sällskap af klockspelare, som genomtåga landet för att låta höra sig. På benämningen "skön konst" kunna dock dessa prestationer ej göra anspråk.

I stället för klockor använder man äfven till samma ändamål stora metallstafvar, helst af gjutet stål. De äro lättare att förfärdiga och stämma, och

då de ej ljuda genom svängning, utan genom blotta anslaget, fordrar äfven deras upphängande ett långt mindre mödosamt och dyrbart bygnadssätt.

Här kan ock nämnas ett instrument, hvilket vanligen blott behandlas af kringresande konstmakare, men stundom äfven såsom kuriosum förekommer i dansmusik. Det är den s. k. träharmonikan (claque-bois, strohfiedel, hölzernes gelächter). Hon består af stafvar af tort granträ, hvilkas olika längd betingar olika toner. Stafvarna, som anslås med ett par hammare, äro sammanbundna och hvila på aflånga halmkärfvar. Tonerna urskiljas temligen, ehuru klangen naturligtvis är dålig.

De melodiska instrumenten. De fullkomligare instrument, hvartill vi nu öfvergå, skilja sig ifrån de förra genom en inrättning, som tillåter konstnären en friare och mera uttrycksfull behandling af tonförbindelserna.

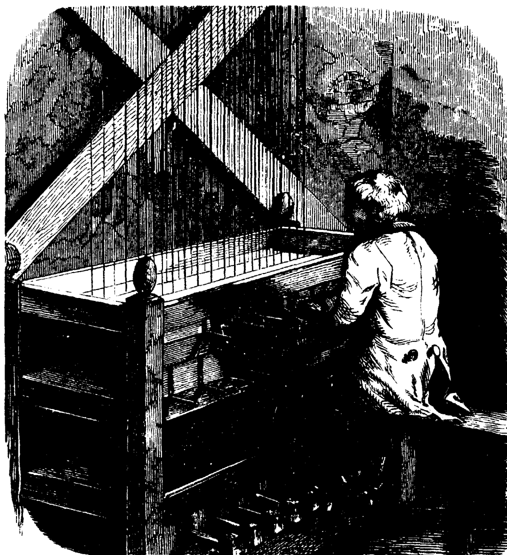


Fig. 434. Klockspelare.

De melodiska instrumenten indelas i sådana, hvilka för hvarje utförbar ton hafva en egen klangkropp, vare sig en sträng eller en luftpelare af bestämd längd, och i sådana, hos hvilka en ljudande kropp genom förändring af sina förhållanden, längd eller spänning medgifver frambringandet af en hel tonföljd allt efter konstnärens godtfinnande.

De förstnämda, till hvilka räknas harpan, klaveret, orgeln o. s. v., anses gemenligen ega mindre uttrycksförmåga än de sistnämda, fiolinstrumenten m. fl.; men konstfärdighet i behandlingen, konstnärens smak och känsla äro det, som först gifver hvarje instrument själ och lif; i annat fall blir äfven det fullkomligaste blott en "ljudande bjellra".

Då vi här emellertid mindre ha till föremål instrumentens estetik än deras fysik, må nämda synpunkt utgöra vår ledtråd. Vi börja derför med de enklaste formerna: instrument med spända strängar.

Harpan är bland dessa så till vida det enklaste, som hvarje sträng har en fast stämning. Hvarje sträng motsvarar en viss ton, och denna frambringas medelst knäppning med fingret, som sätter strängen i svängning. De olika långa strängarnas ordning betingar instrumentets trekantiga form, så att de kortare diskantsträngarna uppspännas åt den spetsigaste vinkeln till och de

längre bassträngarna åt den motsatta sidan. I trekantens öfre sida (S'et) finnas skrufstift, medelst hvilka strängarna kunna spännas och sålunda stämmas i melodiskt förhållande till hvarandra. Instrumentets nedre del består af en ihålig resonanslåda, som förstärker klangen; trekantens tredje sida är en kolonn (stången), som motväger strängarnas spänning.



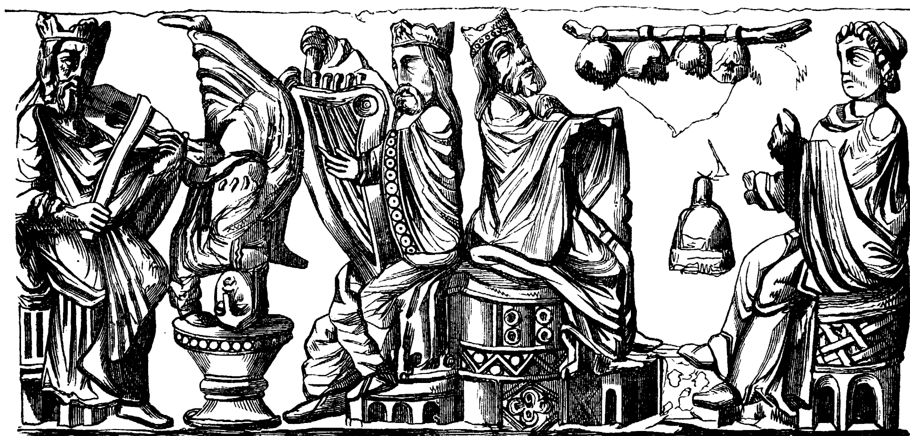


Fig. 435. En konsert. Efter en basrelief från 11:e århundradet.

Detta genom underbart sköna toneffekter utmärkta gamla instrument är nu mera temligen undanskjutet. I sin gamla enkla form påträffas det nästan blott hos fattiga gatmusikanter. Äfven som familjinstrument förekommer harpan nu mera sällan, hvaremot hon ofta användes i den moderna operaorkestern och ej sällan som konsertinstrument. I Skotland har den gamla s. k. davidsharpan som nationalinstrument bibehållit sig vid familj- och folkfester.

Konstruktionens enkelhet och klangens glans, som ingen någorlunda välbygd harpa saknar, lär man få tillskrifva, att detta instrument påträffas hos nästan alla kulturfolk. De gamla hebreerna tyckas dock ej ha känt eller åtminstone ej behandlat harpan. Den s. k. davidsharpan, kinnor (fig. 436), liknade ej den vanliga harpan; hon hade pyramidalform och ringa storlek samt vågrätt spända strängar. För öfrigt må en gång för alla nämnas, att musikinstrumentens historia lider af betydlig osäkerhet, föranledd af de opålitliga namnbeteckningarna. Ett och samma instrument omtalas i olika källor under än ett, än ett annat namn; för samma sak kan man stundom finna tio benämningar, och en annan gång användes samma beteckning på uppenbart olika instrument, så att vi, der ej noggranna beskrifningar finnas, måste med stor varsamhet mottaga, hvad som berättas om deras äldre historia. Gamla skulpturer, målningar och andra åskådliga traditioner gifva den säkraste ledningen. Harpans inrättning hvilar på så enkla och naturliga grunder, att man här knappast kan tala om en uppfinnare och en bestämd uppfinningstid; ock-

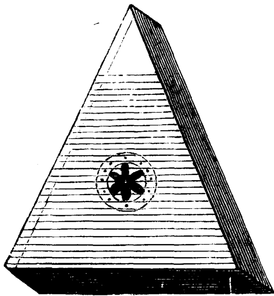


Fig. 436. Kinnor (davidsharpan).

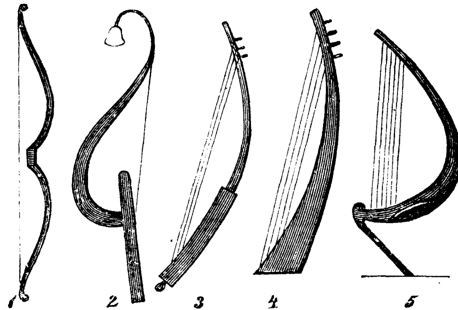


Fig. 437. Harpans äldsta former.

så voro de äldsta sägnerna nödsakade att söka harpans uppfinnare bland gudarna, emedan hans tid var så aflägsen, att man saknade all närmare kännedom om hans personlighet.

Censorinus, som utan tvifvel från grekiska författare hemtat sagan om harpans uppfinning, berättar, att Apollon var den förste, som fäste sin uppmärksamhet på skönheten hos den ton, som uppkom vid dallrandet af strängen på hans syster Artemis' båge, och att han sedan spände flera sådana strängar bredvid hvarandra för att genom deras förening åstadkomma en harmonisk verkan. Denna fabel visar ganska fint, huru en begåfvad menniska genom sinnrik användning af en enda naturiakttagelse kan göra menskligheten en oskattbar tjenst. Det står oss fritt att finna berättelsen om ursprunget trovärdig eller ej; men då vi jemföra de äldsta egyptiska harporna med hvarandra och ordna dem i en följd från de enklaste till de mera sammansatta, synes dock myten kunna göra anspråk på en viss sannolikhet. Afbildningen af några dylika instrument (fig. 437), hvaraf museet i Louvren förvarar flera, må gifva läsaren ett bevis derpå. Francesco Bianchini har försökt fylla öfvergången mel-

lan den äldsta autentiska formen nummer 3 och den spända jagtbågen, under påstående, att dylika instrument blifvit funna i en gammal sarkofag. Om så verkligen förhåller sig, har för oss på sin höjd endast kuriositetens intresse.

Hos de gamla egypterna, på hvilkas monument harpan först möter oss, erhöll hon allt efter sin olika användning en olika form. De smärre harporna (3 och 4) begagnades äfven som marschinstrument och buros vid sådana tillfällen på venstra axeln, förmodligen medelst en rem fästa i temligen horisontal ställning, samt spelades med båda händerna. De större instrumenten hade ett större strängantal, hvilket under tidernas lopp och den musikaliska bildningens fortskridande allt mera ökades. Man fäste äfven allt mera afseende vid instrumentens fullkomnande och deras utstyrsel, och afbildningar så väl som de i original till vår tid bevarade instrumenten röja den höga grad af konstfärdighet och smak, den tidens instrumentmakare uppnått. I synnerhet tyckes man ha nedlagt all möjlig konst på de instrument, som presterna spelade vid tempeltjensten. Instrumentkroppen var på det prydligaste utskuren, målad, försedd med symboliska figurer och stundom öfverdragen med marokäng. I Sesostris' graf finnes en harpspelande prest afbildad; hans harpa har 13 strängar. Instrumentets framdel bär hufvudet af en gudabild, prydd med den heliga psjent (fig. 438).

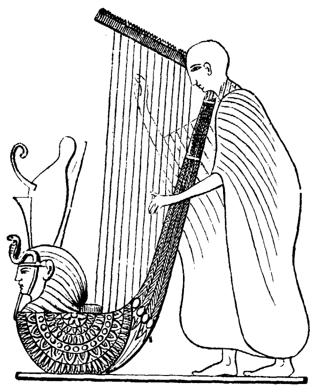


Fig. 438. Fornegyptisk prest, spelande harpa.

Från egypterna, så antager man, öfvergick harpan till hebreerna. För detta antagande finnes dock intet bevis, ty vi ega hvarken från det gamla judariket några bildliga framställningar i behåll, som gifva bekräftelse åt en sådan åsigt, ej heller innehålla de skriftliga monumenten något tillräckligt stöd derför. Allt, som der berättas om den harpspelande David m. m., låter lika väl, ja, ännu bättre lämpa sig på andra instrument, och det i öfversättningen valda namnet kan naturligtvis i och för sig ej utgöra någon borgen för, att sjelfva sakerna varit de samma. Vi finna i sjelfva verket ingenstädes uppgifvet, att de båda instrument, kinnor och nebel, som Luther i sin öfversättning benämt harpa, varit den egyptiska harpan.

Hos grekerna deremot kunna vi med visshet förutsätta bruket af harpan och likartade instrument, om än lyran, kitaran och flera dylika stränginstrument ej kunna anses vara de samma som nutidens harpa. En mängd afbildningar, synnerligast från Pompeji och andra syditalienska nejder, hvilka först tillegnat sig grekisk sed och bildning, äro talande bevis derför. Lyran synes ha varit det äldsta af dessa instrument och bibehöll sig till det 10:e århundradet, om än med några förändringar. Strängarnas antal vexlade från tre till åtta; vanligtvis hade hon fem. Flera strängar och i följd deraf äfven en annan form hade psalterion, som för öfrigt, i likhet med

lyran, hölls på eller emellan knäna och hvars strängar knäptes med fingrarna. Strängantalet tyckes ha vexlat mellan tio och tjugu. Psalterion skilde sig från lyran deruti, att resonansbottnen ofvantill begränsade instrumentet, såsom fig. 439 utvisar, hvilken är tecknad efter en afbildning i en handskrift från 9:e århundradet. En annan form visar den följande afbildningen (fig. 440) af ett instrument från 12:e århundradet; vi se här redan gitarrens förelöpare, om vi som resonansbotten betrakta den runda skifva, hvaröfver strängarna äro spända. Psalterions form vexlade i tidernas lopp ännu mera; strängarna ökades ända till 32, och den tidens målare och skalder uraktläto aldrig att för dess underbara välljud prisa det som det yppersta instrumentet vid de himmelska konserterna. Den spelande bar det i 14:e århundradet på bröstet, der det med två framskjutande horn hvilade på hans armar så, att han hade händerna fria; strängarna anslogos med ett par små pinnar. Måhända var det instrument, som benämdes dolcenulos och uppkom i 14:e seklet samt stundom nämnes som klavikordens föregångare, ingenting annat än ett psalterion med ovanligt stor, lådformig resonanskropp.



Fig. 439. Psalterion från 9:e århundradet.

Märkvärdigt nog finna vi på rent romerska monument intet exempel härpå; möjligen har harpan också varit i bruk i de sydligare, af grekiska kolonister befolkade landsdelarna, medan romarnas stränga och för de sköna konsternas mildare inflytelser föga tillgängliga sinne medelst den lilla, men krigiska trumpeten (tuban) fullständigt tillfredsstälde sina musikaliska behof.

Längre upp mot norden, i Germaniens skogar, finna vi emellertid redan då, liksom ännu i dag bland Skotlands höga, töckenhöljda berg, harpan utgöra det egentligen nationela och heliga instrument, hvarmed barderna beledsaga sina sånger. Harpans öfverjordiska, eteriska klang egnar sig ock framför allt att med sina toner omsväfva de af skalden frambesvurna töckengestalterna ur det förflutna eller beledsaga blicken in i den af siaren upprullade framtiden. Man kan ej tänka sig Ossian och Fingal utan harpa. På denna sidan Alperna var hon allmänt i bruk.

Såsom gamla afbildningar utvisa, skilde sig 9:e seklets harpa i sin form ganska litet från den moderna. Men denna enklaste och så att säga naturligaste form har instrumentet ej alltid bibehållit. Jemte strängarnas växande antal, som var en följd af den musikaliska smakens utbildning, tillkommo mångahanda formförändringar, hvilka afsågo att göra det i omfång växande instrumentet under spelandet möjligt att bära. Man finner i gamla handskrifter från 12:e århundradet afbildningar, som föreställa harpor i de mest olika, ofta ganska äfventyrliga former. Än ha de en fyrkantig, än en trekantig, än åter en rund botten; än hvila de på axeln med ett tvärstycke, hvars ända slutar i fantastiska djurskepnader, än bäras de, som minstrelharporna, i ett band kring halsen.

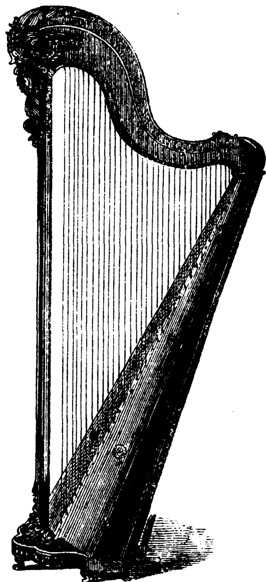
I 16:e århundradet började harpan bortskymmas af andra instrument. De i Spanien och Italien allmänt omtyckta stränginstrumenten, gitarr, teorb, mandolin m. fl., undanträngde henne som soloinstrument, och endast der nationalandan var beslägtad med hennes ton, såsom på de britiska öarna, bibehöll hon sitt gamla anseende. Den ännu i dag brukliga skotska harpan är ett temligen ursprungligt instrument, som föga skulle motsvara våra musikaliska begrepp. I England och Frankrike deremot är harpan i allmännare bruk; här har detta instrument äfven en fullkomligare konstruktion och är i denna form onekligen att räkna bland de skönaste af alla harmoniska tonverktyg.



Fig. 440. Psalterion från 12:e århundradet.

Konsten har på senare tiden lyckats gifva harpan en högre grad af fullkomlighet. Då det gamla instrumentets beslrängning endast var diatonisk och sålunda föga lämplig för modulation, hvilket utgjorde ett stort hinder för hennes användning i nutidens musik, gjordes många försök att afhjelpa denna brist. Kromatiska skalans införande genom anbringande af flera strängar var ogörligt, emedan instrumentet ej kunde förstoras utan att allt för mycket försvåra spelandet. Till en början hjelpte man sig, såsom marknadsharpisterna ännu i dag göra, genom att spänna skrufven under spelandet och derigenom höja de strängar, som stodo för lågt i den nya tonarten, en halfton. Till den ändan anbragtes rörliga hakar på den öfre skrufstocken. Måttet för den snabba skrufningen vinnes genom öfning. Först förkortade man strängen blott genom spänning med ett finger. Men redan omkring 1720 uppfann den berömde harpisten Hochbrucker från Donauwörth en inrättning, som genom en trampinrättning sattes i rörelse och derigenom förkortade strängarna vid skrufven. På detta sätt uppkom pedalharpan, och denna konstruktion gaf det sköna instrumentet en betydande grad af fullkomlighet. Också spreds det nu snart öfver hela Europa och riktades af instrumentbyggare och konstnärer med ytterligare förbättringar. Det var i synnerhet genom elsassaren Sebastian

Erard, som i Paris grundade den der ännu bestående berömda instrumentfabriken, pedalharpans mekanik fullkomnades, i det han uppfann en ytterst sinnrik konstruktion, som medelst en och samma pedal höjer stämningen två halftoner efter hvarandra, hvarför man nu kan räkna en sådan Erards pedalharpa till de fullkomligaste instrument, som finnas. Sedan Hochbruckers uppfinning hade en tid af hundra år förflutit, hvarunder hans harpkonstruktion varit allena herskande. Nu mera är denna harpa, hvilket måhända är att beklaga, nästan alldeles undanskjuten, emedan erardharpans höga pris (ofta 2500 till 3000 rdr) utgör ett hinder för hennes allmännare spridning.


Fig. 441. Pedalharpan.

Klangeffekten, tonfärgen hos detta slags stränginstrument, beror dels af sen- eller metallsträngens olika substans, dels och i synnerhet af sättet att försätta strängarna i svängning. Detta kan ske genom knäppning med fingret eller med ett stift, såsom på mandolinen, eller genom anslag med ett slags hammare, såsom på pianot. Ju större olikheter strängens rörelser visa, desto betydligare äro de höga öfvertonernas styrka och antal; klangen blir skarp och skallrande, och man finner här orsaken, hvarför en med ring knäpt cittersträng klingar annorlunda än den med fingret knäpta harpsträngen. I förra fallet är nämligen den kant, som strängen bildar omkring ringens spetsiga stift, skarpare, rörelsevågor löpa fram och åter öfver hela strängen, hvilka förorsaka talrika höga öfvertoner. Ett likartadt förhållande finner man hos klaverinstrument, der strängarna anslås med en hård, skarpkantig metallhammare, som genast efter anslaget återstudsar från strängen, då deremot anslaget med ett bredt, filtbeklädt hammarhufvud ej frambringar så skarpa afbrott hos strängen, utan lemnar honom tid att utbreda rörelsen och genast med hela sin längd komma i transversalsvängningar.

Till harpan ansluter sig ett egendomligt stränginstrument, som af luftdraget försättes i vibration, den s. k. eolsharpan. “Eolsharpan är ett instrument, hvilket, liksom det sjungande trädet i den arabiska sagan, börjar klinga, då det beröres af vinden. Tonerna likna den mildt svällande och småningom åter bortdöende sången från aflägsna körer och tyckas snarare vara ett genljud af öfverjordiska väsens harmoniska fantasilek än ett verk af mensklig konst.“ Så skildrar Matthisson effekten af detta enkla instrument, som består af en platt, upprättstående, ihålig resonanslåda, öfver hvilken 6—8 sensträngar äro uppdragna i bredd och stämda i enklang. Då detta instrument ställes i starkt luftdrag, som vidrör strängarna efter längden, komma dessa i svängning, och derigenom, att de antingen angifva sin egendomliga grundton eller, i mån af skakningens styrka, dela sig i mer eller mindre för sig sjelfva ljudande aliqvottoner och sålunda frambringa en följd af harmoniska partialtoner, upp-

komma på regellöst, men högst öfverraskande sätt dessa harmoniska verkningar, hvartill så mången med nöje och öfverraskning lyssnat.

Gitarrerna och cittrorna representera en hel klass af stränginstrument, bestående af en rund, med ljudhål försedd resonerande kropp, hvaröfver seneller metallsträngar spännas, dem man genom knäppning med fingrarna eller ett metallstift bringar att ljuda. Till den ihåliga kroppen ansluter sig en längre hals med strängskrufvar, hvilken tillika tjenar till gripbräde för att genom nedtryckande med fingret förkorta strängen och derigenom frambringa högre toner. Detta gripbräde är försedt med små låga tvärlister eller band, hvilka noggrant angifva den stränglängd, som motsvarar de särskilda tonerna. Förr benämde man hela denna instrumentklass lutor. Enligt sagan skall ett sköldpaddsskal, som efter en öfversvämning blifvit funnet på Nilens strand, gifvit anledning till deras uppfinning. Öfver sköldpaddans tomma skal spände uppfinnaren strängar, och då detta lyckades, försökte man sedermera i trä och annat material efterbilda den ihåliga kroppen. Denna sägen antyder ej allenast, att hela denna instrumentfamilj kommit till oss från orienten, utan äfven att de, hvilkas ihåliga kropp är af päronformig gestalt, torde vara de äldsta. Också voro de päronformigt hvälfda instrumenten förr mest brukliga och förekommo ännu i slutet af förra århundradet. Sedermera spändes strängarna öfver ett stall, såsom på fiolerna. Ännu i dag hafva inder, perser och araber lutor och gitarrer af otaliga former, hvilka temligen närma sig den ursprungliga. Afbildningen fig. 442 visar ett prof härpå. Hos oss deremot ha, såsom lättare förfärdigade, instrument med platt botten vunnit öfverhanden. Det förr så stora antalet af dessa instrumentvarianter har betydligt minskats, och de flesta känna vi endast till namnet. Lutan, korlutan, mandoran och mandolinen, teorben o. s. v. hörde samtliga hit. De voro ofta af elliptisk form och hade en mjuk och mild ton.

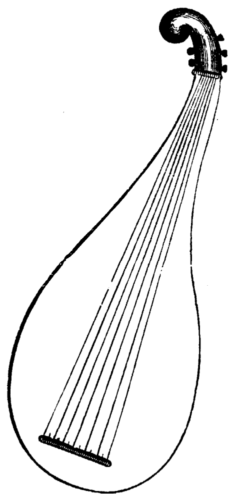


Fig. 442. Indisk chelys.

De äldre lutorna hade endast få strängar; den femsträngiga var länge i bruk; stämningen var: *c f a d f*. Senare ökades de i höjd och djup med två strängar. Efter hand erhöll lutan ända till 14 strängar. De högsta, chanterellerna, förde melodin, medan de lägre, i dubbelkörer använda, tjenade till harmonins förstärkning.

Den beslägtade mandolinen, som äfven kallas mandora, mandurin, pandura m. m., var förnämligast hemma i södra Italien och Spanien; dock spelades han äfven i Tyskland, hvilket synes af serenaden i Don Juan, som af Mozart skrefs för den napolitanska mandolinen, hvars parti han vid operans första uppförande också sjelf spelade.

Gitarren var, som sagdt, i början blott ett surrogat för dessa instrument med hvälfd botten. Men då hans förfärdigande föll sig billigare, vann han

hastigt en ej obetydlig spridning. Men af samma orsak stod han ock i ringare anseende, och Prætorius, som 1627 omtalar honom som ett italienskt instrument under namnet quinterna eller chiterna, yttrar sig temligen vanvördigt om honom som ett instrument, hvilket endast "ciarlatani och salt in banco begagna till sina dansupptåg, hvartill de sjunga villaneller och andra narrqväden." Enligt beskrifningen hade gitarrerna på den tiden fem sensträngar och för öfrigt redan nästan samma form och konstruktion som i våra dagar.

Det vill synas, som hade gitarren från Spanien, dit morerna medfört honom, spridt sig till det öfriga Europa. I Afrika bruka många negerstammar dylika instrument, såsom fig. 443 utvisar. I Tyskland kom gitarren sedan 1788, synnerligast genom hertiginnan Amalia af Weimar, mycket i bruk; de flesta instrument af denna art förfärdigades af den weimarske instrumentmakaren Otto, som på Naumanns tillstyrkan 1797 tillade den sjette strängen, djupa *E*, så att gitarren nu stämde *E A d g h e*. Allmänhetens lifliga intresse för instrumentet svalnade dock snart, och sedan har förkärleken derför ofta kommit och gått, så att gitarren i flera omgångar varit ett modinstrument.

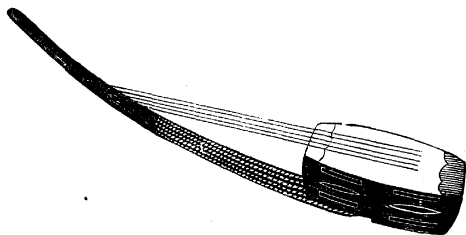


Fig. 443. Sjekianicittra.

Cittran förekommer mestadels i bergstrakter och tyckes länge ha haft sitt hem i Steiermark. Derifrån kom hon med bergsmän till Harztrakten och spriddes sedan småningom öfver alla tyska bergländer. Namnet har gjort, att man härledt henne, liksom gitarren, från den forngrekiska kitaran, ehuru man vet, att de gamla ej hade något gripbräde på sina stränginstrument, hvilka endast användes till sångens ledning. Cittrorna deremot, fastän i början blott enstämmigt använda, närma sig mera till monokorden och hafva förmodligen också uppkommit af denna. De äro harmoniska instrument, och redan derför kan deras nu varande form ej vara äldre än harmonins uppfinning.

Cittrornas grundform är den samma som gitarrens. Kroppen består vanligen af en rätvinklig triangel, hvars längsta sida är vänd ifrån den spelande. Strängarnas antal har småningom ökats från 2 till 31, i den mån harmonin fordrat allt rikare kombinationer. De ligga öfver ett långt gripbräde, hvilket, liksom på gitarren, är indeladt i band, och nedtryckas med venstra handens fingrar, medan den högras knäppa dem. De högsta strängarna, vanligen 14, föra melodin och äro oftast af messings- eller ståltråd. De ligga spelaren närmast och knäppas medelst en på tummen fäst hakring. De djupare ackordsträngarna äro enkla sensträngar. Vid spelandet hvilar instrumentet antingen på den utförandes knä eller framför honom på bordet.

Utom dessa slagcittror finnes äfven en annan art, hvars strängar behandlas med stråke och derför ligga öfver en hvälfd yta: så kallade stråkcittror.

Klaveret och de klaverartade instrumenten eller sådana, hvilkas strängar anslås med en hammare, gå flera århundraden tillbaka i tiden. Vanligen antages, att monokorden, som redan i 11:e seklet begagnades i klostren, varit första anledningen till uppfinningen. Guido från Arezzo skall, för att hastigare finna en viss ton, under det motsvarande stället på monokorden ha anbragt små, medelst tangenter rörliga trästycken. Denna hypotes anses dock nu mera sakna grund.

Uppfinningen af tangenten, clavis, som gifvit namn åt hela den långa raden af dessa instrument, går långt tillbaka i forntiden. De gamla hebreerna skola haft ett slags instrument, masjrokita och magrefa, hvilka, liksom den grekiska vattenorgeln, spelades med tangenter; en och annan uppgift låter äfven förmoda, att hebreerna genom pennbitar, fästa vid tangenter, anslagit strängarna. Dylika uppgifter äro dock föga pålitliga, och ett sådant bruk af tangenter, som i våra klaverinstrument eger rum, kan ej med visshet spåras längre tillbaka än till 11:e seklet.

De äldsta instrumenten af denna art tjenade blott till att för sångaren angifva tonen och hade knapt en oktavs omfång. Tangenternas form var den intill senare tider brukliga; den ena ändan nedtrycktes med fingret, den andra var försedd med ett stift eller rättare ett kilformigt bleckstycke, hvars uppåt riktade breda ända anslog strängen. Dessa små musiklådor erhöllo småningom ända till 20 tangenter; stämningen var den diatoniska skalans; halftonerna tillades först senare, i 14:e seklet cis och fis och ett århundrade senare dis och gis; *b* hade redan från början upptagits.

Utbildningen af klavikorden, det namn, som gafs dessa instrument och sedermera förbyttes till namnet klaver, höll jemna steg med de öfriga stränginstrumentens förbättringar; i synnerhet vann det omtyckta hackbrädet stort inflytande. Af detta instrument finnes en afbildning från år 1536, som meddelats af benediktinmunken Lucinius (Nachtigall) i hans verk öfver musiken. Det bestod af en fyrkantig, nästan qvadratformig låda och hade fyra sensträngar af lika längd, hvilka stämdes medelst skrufvar och anslogos med små, med bleck eller skinn öfverdragna hammare. Enligt meddelande af Michael Prætorius, som 1619 gaf en afbildning af detta instrument, hade det 16 strängar och knäptes äfven med fingrarna. Längre fram tillades flera strängar, nämligen af stål, så att det i 18:e seklet hade ett omfång af ända till tre oktaver och under benämningen cymbal eller persiskt hackbräde åtnjöt temligen högt anseende. Man påträffar ännu någon gång hos kringstrykande marknadsmusikanter det alldeles föråldrade hackbrädet.

Jemte hackbrädet kan spinetten anses som pianots föregångare. Spinetten förekommer redan i 14:e seklet och hade formen af en oregelbunden fyrkant. Han utgjorde likaledes en fyrkantig låda, som på längden var öfverspänd med strängar. Tonerna frambragtes medelst gaffelformiga tangenter, palmulae, med dockor vid bakändan. I stället för dessa dockor anslog man sedermera metallsträngarna med spetsiga korppennor, deraf instrumentet, som äfven benämdes clavicymbalum, fick namnet spinett (af spinula, spets).

I 17:e och 18:e seklen var spinetten i allmänt bruk och hade ända till fyra oktavers omfång. I olika länder olika benämd, kallades han i Tyskland äfven symphonia eller magadis, pektis och virginal. Hans ton måste emellertid haft föga skönhet, ty det heter i den 1791 utkomna boken "Den musikaliske poeten", att "det låter barnsligt".

Fig. 444 ger oss ett begrepp om de gamla klaverens beskaffenhet. Icke alltid fans en särskild sträng för hvar ton, utan för billighetens skull fick ofta en och samma sträng göra tjenst för två toner, hvilket i den ursprungliga mekanismen, der anslagsstiftet, tangenten, med tangentlyftaren utgör ett fast förbundet helt, i nödfall går för sig. Tangenten bildar då vid fast nedtryckning strängens egentliga stall, och blott den delen ljuder, som ligger deröfver; tonen måste vara högre, än när strängen svänger i hela sin längd. Ett kort anslag af stiftet anger sålunda hela strängens ton, ett långt nedtryckande den förkortade strängens, och genom en passande ställning af stiftet kunde man drifva den lägsta ton en halfton i höjden. Sålunda konstruerade klaver kallades

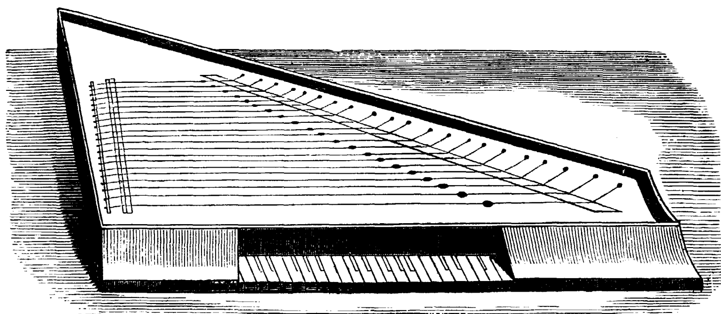


Fig. 444. Clavicymbal från år 1520.

bundna; bandfria voro de, i hvilka hvarje ton hade sin särskilda sträng. De sistnämda torde vara äldst och de bundna, såsom surrogat, ha uppkommit af dessa. Den, som kan göra sig en föreställning om klangen af de bundna klaveren, skall säkerligen känna sig tacksam mot ödet, som befriat oss derifrån.

Strängarnas olika längd föranledde snart den form, som benämdes flygel, och Prætorius afbildar ett sådant instrument, hvars form redan visar öfverensstämmelse med våra moderna flyglar. Benämningen svinhufvud, som äfven förekommer, härrör från instrumentets spetsiga form, som synes i fig. 444. Flygeln tyckes i 16:e seklet varit ett temligen kändt instrument. Instrumentfabrikanten Domenico Pesaro förfärdigade ett sådant med tre klangslägten.

Det fans instrument, hvilkas särskilda toner frambragtes genom det samtidiga anslåendet af fyra strängar eller körer (således fyrkorigt). En af dessa fyra strängar stämdes då stundom en oktav lägre än grundtonen, och en annan en qvint högre. Anslaget skedde, liksom på spinetten, medelst korppennor, fästa på dockor, och senare medelst "små, men mycket dyra gyllene bleck".

Korppennorna brukades för öfrigt på de klaverartade instrumenten ända till slutet af förra århundradet, och Zelter berättar ännu (1790), att han insatt nya pennor i en flygel på landet. För att undvika strängarnas efterljudande, dämpades de genom inflätade klädeslister, en metod, som visserligen endast är af nytta på instrument med mycket kort ton.

En märkvärdig variant af denna flygel var det nürnbergska hackbrädet, till sitt yttre likt honom och likaledes försedt med sensträngar, men alldeles olikt honom i sättet att frambringa tonen, ty strängarna försattes ej i svängning genom anslag medelst dockor, utan mot hvarje sträng trycktes ett litet vridhjul, hvars ihållande friktion gaf en klang af fiolartad färg. De små hjulens rörelser underhöllos medelst ett större svänghjul, som låg utom lådan och trampades med foten; de små hjulen sattes genom tangenternas nedtryckning i rörelse. Detta instrument, uppfunnet 1610 af Hans Haydn i Nürnberg, förekom ännu i början af detta århundrade och undergick många förbättringar. Benämningarna gambaflygel, fiolklaver, cymbal m. m. voro alla likbetydande. I allmänhet bör man ihågkomma, att de äldre instrumentbyggarnas terminologi just på klaverinstrumentens område var mycket rik, men äfven mycket osäker. De olika tonverktygen förändrades mångfaldigt, förbättrades genom nya uppfinningar och tillägg, hvarvid de naturligtvis äfven försågos med nya benämningar, och man skulle kunna uppräkna en hel mängd namn på instrumentmakare, hvilka alla kunde göra anspråk på äran af någon sådan förbättring.

Det äldre instrument, som särskildt benämdes klaver, stundom ock klavecin eller klavikord, knäptes likaledes medelst korppennor och hade i början af 17:e seklet ett omfång af $4^1/_3$ oktaver. De kromatiska tonerna angåfvos genom öfvertangenter, de naturliga genom undertangenter, och för att stämma instrumentet för olika tonarter följde man den grundlige orgelisten Andreas Werkmeisters ännu brukliga qvintfortskridningsmetod, i det man stämde vissa intervaller något undersväfvande. Med nutidens instrument kan det gamla klaveret hvarken täfla i tonens fullhet och styrka eller i yttre storhet och prydlighet. Klaveren voro små klena tonverktyg, hvilka på intet sätt nu mera skulle kunna tillfredsställa vår smak. Mozart berättar, att vid ett besök i ett italienskt kloster munkarna allt jemt buro klaveret efter honom, på det man öfver allt måtte få njuta af hans spel. Priset öfversteg i allmänhet ej 80 rdr. Det goda priset var emellertid orsaken till instrumentets spridning, och nutidens klagan: "i hvarje hus en klinklåda" hörde man redan för nära hundra år sedan af Schubart, som i sin "Musikestetik" säger: "klaver spelas, hamras, trummas och klinkas af alla, af stympare och talanger, hustru och man, pojkar och flickor; det tillhör en god uppfostran".

De första och tillika oundvikliga olägenheterna hos alla dessa instrument bestodo i omöjligheten att frambringa så väl tonens starkare och svagare nyanser som äfven en tillräcklig dämning för att hindra efterklangen. I förra fallet medgaf dock hackbrädet, som slogs med små hammare, dem man höll i handen, någon nyans, och detta väckte hos padovanen Bartolomeo Cristofali tanken att förena hackbrädets och klaverets egendomligheter och sätta ham-

marna i förbindelse med tangenter, medelst hvilka strängarna kunde anslås. Detta anslagets skiljande från tangentens häfkropp utgör den väsentliga skilnaden mellan pianot och klaveret, och Cristofali, som först genomförde denna tanke, uppnådde verkligen med sitt instrument de åsyftade gradationerna i tonstyrkan, hvilka ock gåfvo det nya instrumentet dess särskilda namn: forte-piano. Då dess nya mekanik redan 1711 genom afbildning och beskrifning offentliggjordes i tryck, men alla andra dylika först långt senare blefvo kända, måste vi från nämda år datera uppfinningen af vårt nu varande piano.

Den förut omnämde orgelisten Christoph Gottlieb Schröter från Hohenstein i Sachsen förevisade 1721 vid hofvet i Dresden två modeller, der likaledes hammarna, i den ena nedifrån, i den andra uppifrån, sattes i rörelse genom tangenter; men huru vida han grundade sin enligt egen uppgift redan 1717 gjorda uppfinning på Cristofalis försök, eller om hon var sjelfständig, är nu mera naturligtvis svårt att afgöra. För det senare alternativet talar emellertid den långt ofullkomligare mekanismen hos hans modeller.

Något instrument efter Schröters modeller lär ej förfärdigats, emedan han sjelf ej egde medel dertill och hofvet i Dresden ej skänkte saken någon synnerlig uppmärksamhet. Cristofalis piano hade deremot redan 1711 verkligen kommit till utförande och egde som vigtigaste beståndsdelar redan tvåarmade häfstänger, utlösning och för hvarje hammare en fri dämmare. Denna utmärkta mekanik står också öfver de försök, som fransmännen de följande åren gjorde. I Tyskland förfärdigades hammarklaver först 1728 af den berömde orgelbyggaren Silbermann, som tillegnat sig och på flerfaldigt sätt förändrat Schröters uppfinning. Dock gjorde den tidens tyska pianoinstrument till och med hos de första musiker i Tyskland, såsom Sebastian Bach, ej samma lycka som de italienska. Instrumentet var tungspelt och tonen svag i höjden. Det var först den skarpsinnige orgelbyggaren J. A. Stein i Augsburg, som till den grad lyckades göra instrumentets företräden gällande, att hammarmekaniken småningom alldeles undanträngde flygeln med korppennor. Schröters konstruktion, som Stein lade till grund för sina instrument, skilde sig i så måtto från Cristofalis, att hammarens axel stod i en messingsgaffel, som lättrörligt inskrufvades i ändan af tangenten, så att hammaren uppbars af sjelfva tangenten, medan deremot hos Cristofali hammaren var skild från tangenten.

De steinska instrumenten voro trekoriga och betalades efter den tidens förhållanden ganska högt. För ett t. ex., som sändes till Mainz, erhöll fabrikanten 100 louisdorer samt en ankare rheinskt vin. Stein afled 1792 och efterlemnade två barn, Andreas och Nanette, hvilka han undervisat i sin konst, så att dottern, som en karl, arbetade med såg och hyfvel. Nanette gifte sig sedan med pianoläraren Streicher i Wien och anlade här en pianofabrik, hvari hennes man sedermera äfven tog verksam del. De härifrån utgångna streicherska flyglarna ansågos den tiden med rätta för de bästa och grundlade det stora rykte, som wieninstrumenten så länge nästan uteslutande åtnjöto i Tyskland.

Tiden från pianots första uppträdande till tjugutalet af vårt århundrade var temligen fruktbar på hvarjehanda uppfinningar och ideer till dess fullkomnande, hvilka dock mestadels nu mera dels tillhöra kuriositeternas område, dels hemfallit åt glömskan. Andreas Stein förenade flygeln och taffeln till ett instrument och bygde äfven flyglar med flöjtstämma; en mekaniker Hohlfeld i Berlin bygde 1757 ett fiolklaver; man konstruerade instrument med två och tre klaviaturer samt ett otroligt antal stämmor och förändringar, som i ett och annat fall skall uppgått till 100, ja, ända till 250. Dittanaklasis af Mathias Müller i Wien var ett upprättstående instrument, som på hvardera sidan hade en klaviatur och en besträngning. J. J. Schnell försökte omkring år 1790 ej utan framgång att medelst luftströmmar, ledda genom små messingsrör, bringa pianots strängar att ljuda. Hans instrument, anemokorden, skall ha haft en ovanligt angenäm ton och väckte i Paris en utomordentlig beundran. Det egnade sig naturligtvis endast till föredrag i långsam och bunden rörelse och till sångackompanjement. En annan konstnär sökte åstadkomma en förmedling mellan det gamla och nya, i det han bygde instrument, på hvilka en piano- och klavikordmekanik genom en pedal efter behag kunde sättas i verksamhet. Sådana bisaker ha vid pianot temligen länge bibehållit sig, och man påträffar ännu stundom gamla instrument, på hvilka hela janitsjarmusiken med puka, bäcken och klockor, fagott- och harpstämma m. m. kan sättas i rörelse. Nu mera söker man åstadkomma större enkelhet och bortlemnar dylika lekverk för att höja instrumentets värde genom en ökad varaktighet, genom klangens skönhet och styrka och hufvudsakligast genom mekanikens fullkomnande i afseende på ett möjligast beqvämt och behagligt spelsätt. Pianot har vanligtvis endast två pedaler, den ena till dämmarens lyftande och den andra för att flytta mekaniken (una corda), hvarigenom hammarna endast anslå en eller två strängar af de tresträngiga körerna och dymedelst frambringa en svagare ton.

Till England kom den schröter-silbermannska mekaniken genom en arbetare från den fabrik, som den äldre af de båda bröderna, Andreas Silbermann, i början af förra århundradet grundat i Strassburg och som hans fyra söner fortsatte till år 1753. I början fann denna mekanik dock föga anklang; först då schweizaren Tschudi nedsatte sig i London och förenade sig med den unge skotten Broadwood, vans större framgång.

Behofvet att genast efter strängens anslående låta hammaren återfalla ledde till uppfinning af utlösningen, som tillhör Stodard, en af Broadwoods elever, samt den tyske pianofabrikanten Becker, och denna förbättring utgjorde ett ganska vigtigt framsteg. Men den nyare pianoteknikens utbildning fordrade dessutom äfven instrument, i hvilka hvarje ton i den snabbaste följd kunde upprepas. Detta kunde endast möjliggöras derigenom, att hammaren i hvarje ögonblick af sitt återfall fattades af tungan och åter kunde kastas mot strängen, så att, när fingret endast något litet lyftes från tangenten och å nyo nedtryckte honom, tonen ögonblickligt och säkert angafs. Denna nya uppfinning, repetitionen, utfördes af den berömde, förut omnämde instrumentfabrikanten Erard i Paris.

När vi höra, att endast i London årligen tillverkas omkring 23000 pianoinstrument, som representera ett ungefärligt värde af 2 millioner pund sterling, och att Frankrike årligen frambringar pianon för omkring 16 millioner franc, att Belgien förfärdigar omkring 1300, Wien omkring 2500 till 2600, att Leipzig, Berlin, Breslau, Stuttgart ej allenast uppnå, utan till och med öfverskrida dessa siffror, och när man dertill besinnar, att hvarje stad, äfven de smärre, eger instrumentbyggare, ofta af förvånande produktivitet, undrar man ej öfver den klagande frågan: "hvarifrån komma då alla dessa instrument, som skrälla i hvart enda hus?" Pianofabrikationen inskränker sig ej till England, Tyskland och Frankrike; Amerika har sin Steinway, sin Chickering, som i produktivitet trygt kunna täfla med Broadwood. Och om de också ej, såsom denne, redan år 1852 utsändt mera än 108000 pianon i verlden, har i stället deras fabrikation på de senaste åren utvidgats på ett desto mera öfverraskande sätt. De 27 första pianofabrikerna i Förenta staterna afyttrade år 1869 pianon till ett värde af 5317402 dollar, häribland 2200 instrument ensamt af Steinway & Son till ett belopp af 1205463 dollar, af Chickering till en million dollars värde.

Äfven i Sverige har pianofabrikationen gjort ganska betydande framsteg, och särskildt har Stockholm att uppvisa ett betydligt antal instrumentmakare De äldre, nu mera upphörda fabriksfirmorna Hulting, Rosenvall, Söderberg m. fl. lemnade på sin tid mycket eftersökta instrument, bland de nyare Jacobsson, Hoffman m. fl., och i Göteborg ha Billberg och Malmsjö förfärdigat pianoinstrument, som tillhöra första ordningen.

Pianots bygnad. Instrumentets yttre infattning, lådan eller kroppen, är endast snickararbete, som på tonens fysikaliska natur har föga inflytande. I afseende på instrumentets yttre form urskilja vi tre hufvudarter af pianot: flygeln med den på längden utlagda kroppen, det taffelformiga pianot, taffeln, samt det upprättstående, pianinot; alla innehålla samma beståndsdelar.

Ramen, i hvilken samtliga strängarna äro uppspända, måste i följd häraf uthärda en betydlig spänning, som i trekoriga flyglar beräknas till nära 300 centner. En sådan kraft sträfvar att draga stämnagelsskifvan och stämstocken, hvari strängarna äro fästa, åt hvarandra och sammandraga ramens båda ändar samt måste derför genom dess motstånd oupphörligt tyglas, ty en hårsmåns eftergifvande skulle verka en märkbar förstämning. Stämningens bibehållande är ock, som bekant, ett af de första anspråken på ett godt piano. Utsökt och fullkomligt tort trä af flerfaldigt slag utgör hufvudmaterialet till denna grundbygnad. Man låter det ligga flera år i fria luften, innan man använder det. Vissa hårda träslag, som aldrig torka tillräckligt, så länge de få behålla sin form af stammar eller tjocka plankor, sönderságar man till tunna bräder eller formar dem redan i förväg någorlunda till deras framtida ändamål. Äfven det fullkomligt lufttorra träet bringas före användningen ofta i svettkammaren, der genom konstgjord värme den sista återstoden af fuktighet utpressas. Bland de hårda träslagen begagnas vanligtvis ek, bok, lönn, bland de mjuka gran och

tall. Ofta förenas två eller tre träslag. Ramen sammanfogas nämligen icke af så stora stycken som möjligt, utan af flera tunnare skifvor, hvarvid man oftast omvexlar med hårda och mjuka trälager. Bindmedlet mellan alla dessa beståndsdelar är, utom noggrann inpassning, godt lim, som härigenom sjelft blir en vigtig beståndsdel af massan, emedan det måste förena alla styckena till ett oskiljaktigt helt. Vid hoplimningen värmas äfven trästyckena, och det hela sammanhålles fast genom skruframar eller på annat sätt, till dess allt hunnit väl torka.

Då den efter hand allt mera förstärkta besträngningen tog en ökad motståndskraft i anspråk, måste man äfven blifva betänkt på att förstärka denna. Utom de vanliga längd- och tvärspjelorna af trä, tog man nu äfven jernspröjsor till hjelp, i början en eller ett par, sedan småningom flera, och införlifvade efter hand allt större jernmassa med instrumentets grundbygnad. Men ej nog härmed: man stälde äfven strängfästena i en påskrufvad jernskifva. Äfven har man gjutit ram, stämnagelslist m. m. i ett enda stycke och dermed visserligen ernått den största motståndskraft. Emellertid utöfvar dessa jernmassors användning i instrumenten ett ej fördelaktigt inflytande på tonen, som derigenom blir hård och spetsig.

De båda bygnadssätten, det wienska och det s. k. engelska, skilja sig betydligt till lådans bygnad, valet af träslag och de särskilda beståndsdelarnas utarbetning och sammanfogning. Det senare, som visar ett särdeles vårdadt arbete, är i sina delar tunnare eller smalare utan att derför ega mindre motståndskraft.

På taffelinstrumenten åter äro förhållandena mindre fördelaktiga för en sådan strängspänning, då här klaviaturen från sidan djupt ingår i kroppen och borttager det utrymme, som kunnat begagnas till motstöd. Lådans botten måste således öfvertaga största delen af motståndet mot den starka strängspänningen och derför så väl till arbete som valet af material utföras med den största omsorg. Den bästa metoden är att sammanlimma henne af tre öfver hvarandra lagda träskifvor, hvaraf den innersta och tjockaste är af ek och med sina fibrer löper i samma riktning som de på snedden spända strängarna, de båda yttersta deremot äro af furu med rätt utåt riktade fibrer.

Man har, som bekant, framtill- och baktillstämmiga tafflar. Skilnaden består i besträngningens och således äfven stämstockens olika läge, hvaraf de öfriga modifikationerna i ramens bygnad och tangentlängden bestämmas. I det instrument, som stämmes framtill, ligger stämstocken med kilen närmast bakom tangenterna i något sned riktning, på det att strängarna må få plats bredvid hvarandra. Besträngningen är derför så anordnad, att strängarna äro vända ungefär åt det venstra nedre och det högra öfre hörnet. Stämstocken, under alla omständigheter en kropp af hårdt trä, kan här endast placeras på lådans båda sidoplan och ligger, då han måste lemna rum för klaviaturen under sig, ihålig i hela sin längd, hvarför han till stöd erhåller en passande jernlist. I det instrument åter, som stämmes bakifrån, ligger stämstocken bakom, i hela sin längd fastlimmad vid ramen, och denna anord-

ning lemnar mera plats för besträngningen, som från stämstocken löper nedåt till venster.

På senaste tiden har instrumentfabrikanten Blüthner i Leipzig gifvit flygellådan en mera symmetrisk form genom att ej låta henne utlöpa rakt på den ena längdsidan, utan äfven kröka denna, så att medellinien afskär två likformiga hälfter. Bassträngarna erhålla derigenom en annan, sned riktning och gå öfver diskantsträngarna. Med denna konstruktion är förenad en dubbel resonansbotten, och erfarenheten har hittills visat dessa instrument vara i alla hänseenden utmärkta. Glassbarrows royal-patent-equal-tension-cottage-pianoforte med fiolartad resonansbotten är tills vidare endast att betrakta som ett kuriosum.

Resonansbottnen är pianots själ. Det är han, som först förlänar instrumentet sjelfva stämman, ty en spänd sträng, som, då han anslås, ej har några medklingande kroppar i sin närhet, svänger visserligen för ögat, men örat förnimmer litet eller intet. Först då strängens svängningar medelst stallet på resonansbottnen fortplantas och dennas smärre delar tvingas att svänga med, uppkommer en användbar ton. Men icke hvarje brädlapp duger till en resonansbotten. Virkets urval och bearbetning fordra den största noggranhet.

Fig. 445. Cristofalis hammarmekanik.

Resonans- eller klangbottnen består af en skifva af tunna brädlappar, som rättar sig efter instrumentets och besträngningens form. Dessa träskifvor äro ofvantill alldeles släta, men stödjas och sammanhållas på baksidan af ett antal fastlimmade, olika riktade trälister. Ofvantill är endast en list af mycket fast trä så pålagd, att han kommer att ligga i närheten af stämlisten och är lika svängd som denna. Detta är stallet, öfver hvilket de spända strängarna löpa så, att de ligga fast på det samma och sålunda meddela det en del af sin tryckning. Till klangbottnen tages helst utsökt, hartsfritt granträ; dock äro äfven andra träslag, såsom ceder, lärkträ, furu m. m., användbara. Metaller, särdeles stål- och kopparplåtar, äfvensom spändt pergament, ha försökts, men med mindre fördel än träbottnar, och äro derjemte vida dyrare. Till resonansskifvorna tagas simpla träslag med rätliniga ådror. Om dessa ådror i det färdiga stycket löpa parallelt med strängarna eller tvärs öfver eller på snedden, hvilket allt förekommer i praktiken, tyckes vara utan inflytande på tonens beskaffenhet; hufvudsaken är, om träet har smala och stadiga ådror, hvilket på en gång betecknar dess större tyngd och hårdhet, eller om ränderna äro öppnare, bredare och träet derför också mera mjukt. Den förra arten lämpar sig att läggas under de högre strängarna, den andra kommer

i basregionen. Dessutom gör man bottnens yta tunnare för basen, tjockare för de högre lägena. Ett tunt bräde af mjuk struktur låter redan vid knackande derpå förnimma en djupare ton än ett tjockare och hårdare. Resonansbottnens tjocklek, som i samma instrument aftager från diskanten till basen, beror äfven af instrumentets storlek och dess starkare eller svagare besträngning, så att flyglar alltid hafva tjockare bottnar än de smärre sorterna. Alla brukliga tjocklekar vexla ungefär mellan 0,13 och 0,33 tum. De nedtill anbragta ribborna, omkring 0,7—1,7 tum tjocka smålister af resonansbottensträ, skola gifva bottnen behöflig stadga och öfver allt lika elasticitet. Deras antal och riktning äro icke ovilkorligen bestämda; i senare afseendet söker man blott ställa så till, att resonansskifvornas ådror så mycket som möjligt korsa hvarandra. Äro dessa lagda tvärs öfver bottnen, löpa listerna på längden; i detta fall behöfvas endast få, då de särskilda skifvornas ändar i alla fall hafva flera stödjepunkter.

Trävirket för resonansbottnar, ribbor och klaviaturer utväljes af särskildt dertill anstälda personer i skogrika trakter, bearbetas på förhand någorlunda med såg och hyfvel och sändes i bräder och bundtar i handeln.

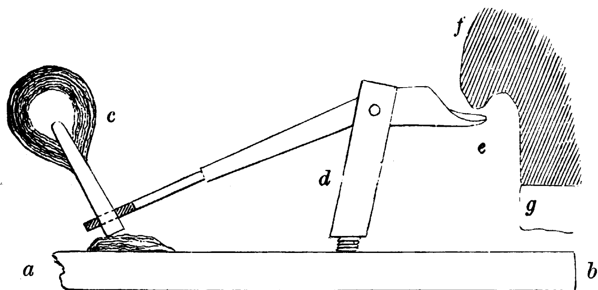


Fig. 446. Schröters mekanik.

Mekaniken. De rörliga delarna eller det till strängarnas anslående tjenande hammarverket utgör pianots intressantaste och vigtigaste parti, hvarpå äfven de flesta uppfinnare och förbättrare försökt sig. Deraf kommer ock, att antalet af förr och nu brukliga mekanismer är ganska ansenligt, hvarför vi deraf endast upptaga, hvad som för en allmännare öfversigt är nödvändigt. De mångfaldiga förändringarna gälla endast mekanikens bakåt liggande del, hammar- och dämmarverket, då tangenterna deremot i följd af sin bestämmelse äro enklare stycken och deras anordning en gång för alla bestämdt gifven.

Tangenterna förfärdigas af mjuka simpla träslag: lind, gran m. fl. Till sin princip utgöra de en dubbel häfstång, hvarvid i synnerhet stödjepunkten är af vigt. Stödjepunkten för tangenterna gifves af en list, på hvilken äro inslagna platta stift, som gå genom en inskärning i tangenten. Stiften för de kortare öfvertangenterna befinna sig längre fram. Af stödjepunktens läge beror hufvudsakligen det tyngre eller lättare spelsättet; vidare bestämmas af stödjepunkten samt det spelrum, som gifves tangenten för nedgåendet under fingret (ungefär 0,25 tum), lyftningshöjden af den bakre tangentdelen och dermed äfven af den på honom stående stötaren. Vi se här sålunda redan en hel följd af storheter eller mått, som bero af hvarandra och måste stå i inbördes öfverensstämmelse, så vida ett verkligt godt anslag skall kunna vinnas.

Den äldsta mekaniken är Cristofalis hammarverk, hvars konstruktion synes af fig. 445. I denna afbildning är *a b* tangentens bakre del, som vid sitt uppåtgående med stöttungan *f* lyfter den omkring *e* vridbara mothäfstången *c d* och på samma gång aflägsnar dämmaren *g* från strängen *h i*. Stöttungan stöder sig mot en plattslagen metalltråd *k* och hålles af fjädern *l*. Den egentliga hammaren *m* rör sig i hammarnöten *n*, som ligger uti hammarbåren *o*; *p* äro små korsvis lagda snören, mellan hvilka hammarna äro inpassade. Redan ett ytligt betraktande visar det ändamålsenliga i denna mekanik, hvilket ännu mera framträder vid jemförelsen med Schröters senare gjorda uppfinning.

Den gamla schröterska mekaniken, sådan hon med någon förändring användes af strassburgaren Silbermann, är framstäld i fig. 446. Stycket *a b* är den bakre tangentdelen, på hvilken hammaren *c*, som uppbäres af *d*, befinner sig. Då tangenten genom tryckningen med fingret går uppåt, uppehålles den kring ett stift vridbara spetsen *e* af kanten till den midt emot stående listen *f*, och hammaren måste då slå omkring och uppåt. Sjelfva tangentens spelrum inskränkes genom den nedre sidan *g* af samma list. Då hammarens skaft utgör en betydligt längre häfstångsarm än den motsatta ändan, måste äfven hammarhufvudets väg och hastighet vara i förhållande större. På nutidens instrument förhåller sig härtill tangentens nedfallande under spelarens finger ungefär som 1 : 8; således är den väg, hammarhufvudet genomlöper, medan tangenten går ned, åtta gånger längre och derför äfven hastigheten åtta gånger större.

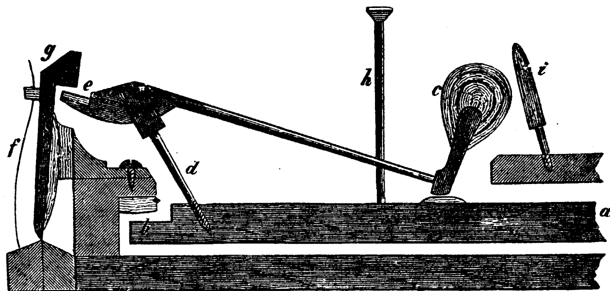


Fig. 447. Wienmekaniken.

Vi se, att dämmaren, en af de vigtigaste beståndsdelarna, hvilken Cristofali så sinnrikt anbragt, här saknas. Strängarnas efterklingande dämpades här ofullkomligt medelst inflätade klädesremsor. I Tyskland förbättrade Stein den schröterska mekaniken, och flyttningen af hans verkstad till Wien genom hans barn gaf anledning till benämningen wienmekaniken, som länge och till en del intill vår tid bibehållit sig. Stein uppfann och satte i stället för den stela listen *f* (fig. 446) utlösaren *g* (fig. 447), som gaf hammaren mera frihet, och å andra sidan, för att ej låta denna frihet urarta, hammarfångaren *i*. Utlösaren är medelst en pergamentremsa fastlimmad vid sin list, och en ståltrådsfjäder nedtrycker honom alltid inåt till anslagslisten. Hammaren slår uppåt af samma orsak som i den förra mekaniken, emedan hans skaftända *e* stöter på ett hinder; men här är hindret undvikande, och på en viss lyftningshöjd måste uppehållaren efter skedt hammarslag nedhalka från den då mera

lutande hammarspetsen, hvarefter hammaren genast faller tillbaka, om än tangenten förblir lyft. Det längre uthållandet på tangenten har sedan blott den verkan, att aflyftaren *h* för dämmaren ej går ned och den anslagna strängen fortfar att ljuda. Utlösaren har efter hammarens nedfallande åter stödt sig mot sin dyna, och när tangenten derefter å nyo nedfaller, viker han åter tillbaka för trycket af spetsens rundade undersida och framskjuter å nyo, så snart spetsen kommit så djupt, att utlösarens hufvud kan ställa sig öfver honom. Utlösarens bestämmelse är således ett ständigt vexlande inskjutande med hufvudet under och öfver den förbi gående hammarspetsen. En sådan utlösning, d. ä. en inrättning, genom hvilken hammaren efter skedt anslag genast faller tillbaka af sig sjelf, finnes i en eller annan form uti hvarje nyare mekanik; hennes nytta är uppenbar. Men hammaren erhåller äfven af den träffade strängen ett motslag, som skulle kunna föranleda hans förnyade uppspringande, hvarför ock en hammarfångare alltid är till hands, en liten stoppad, något snedt ställd mothållare, som genom de båda mjuka ruggiga ytornas gnidande eller ock genom större eller mindre klämning genast försätter hammarhufvudet i stillhet. Ju starkare en tangent anslås, desto starkare slår sig hammaren genom återstudsandet in uti fångaren.

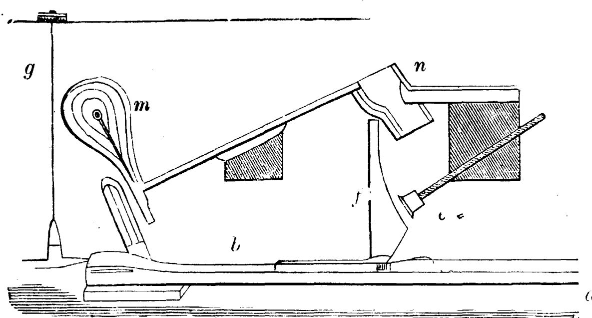


Fig. 448. Engelsk mekanik.

Cristofalis ide att skilja hammaren från tangenten, så att han vänder sig i ett särskildt, orörligt lager, och medelst en med tangenten förenad stöttunga gifva honom anstöten fann i Tyskland visserligen uppmärksamhet, och några påstå, att Silbermann sjelf gjort uppfinningen; dock tillämpades hon hufvudsakligast i Frankrike och England af tyska mästare, och mekaniken kom sedan som engelsk tillbaka till Tyskland, ehuru ingen engelsk fabrikant i väsentlig mån bidragit till hennes utbildning.

Den s. k. engelska mekaniken skiljer sig sålunda från den wienska deruti, att hammarna med sina tapplager ligga inbäddade i en fast list, hvarigenom de mekaniska förhållandena blifva långt enklare och fördelaktigare än efter den förra inrättningen. Stöttungan *f* (fig. 448) står lodrätt på tangenten *a b* och ger vid uppåtstigandet hammaren *m* strax framför hans vridpunkt *n* den stöt, som kastar honom uppåt; så snart stöten inträffat, befrias hammaren i följd af utlösningen på en bestämd höjd från stötaren och återfaller i fångaren. Utlösaren bildar alltid ett stående hinder, som tvingar stötaren, sedan han stigit ett visst stycke, till en böjning åt sidan, så att hans spets måste lemna sin angreppspunkt under hammarnöten. Stötaren är derför i smärre verk ofta blott med en pergamentremsa, men i allmänhet medelst hål och

stift fäst vid tangenten. En liten fjäder sträfvar ständigt att bibehålla honom i lodrät riktning och återför honom dit, när utlösningen gjort sin tjenst. Goda instrument äro äfven så inrättade, att stötarens fasthängningspunkt vid tangenten kan genom små skrufvar ställas något högre eller lägre, ty det är af påtaglig vigt att noggrant kunna reglera hans lyfthöjd. På föregående sida stående figur visar den engelska mekanikens vanliga anordning. Utlösningen bildas här af ett snedt genom hammarlisten gående skrufstift *e*, och det är tydligt, att vid stötarens stigande hans sneda yta måste komma i kollision med stiftets hufvud och stötaren vika undan så långt till venster, att spetsen ofvantill lemnar hammarnöten. Genom utlösarens fram- och tillbakaskrufvande utfinnes slutligen den punkt, der anslag och utlösning bäst och bestämdast inträffa. På tangentens bakre ända hvilar en häfstång, som bär dämmaren *g*. Stöttungans utlösning kan naturligtvis ha åtskilliga andra former och har dem ock; en redogörelse derför skulle dock föra oss för långt.

Ett nyare, ofta prisadt, men från andra håll mindre uppmärksammadt framsteg i pianobygnaden är den så kallade repetitionsmekaniken eller dubbla utlösningen. Iden härstammar från Erards atelier i Paris, och Frans Liszt gjorde nyheten ryktbar. I hvarje vanlig mekanik måste nämligen tangenten efter skedt anslag kunna åter fullständigt lyfta sig, innan något nytt anslag kan ske, ty den utlösta stöttungan måste först åter kunna inställa sig under sin angreppspunkt vid hammaren. Repetitionsmekaniken deremot medgifver samma strängs hastiga anslående flera gånger å rad, om tangenten också blott får en lyftning af två tredjedels eller en linie. Härigenom beredes virtuosen en stor lättnad i utförandet af snabba drillar.

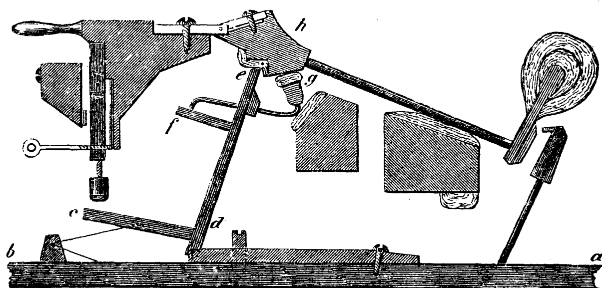


Fig. 449. Repetitionsmekanik.

Den af Erard uppfunna repetitionsmekaniken är ett hopande af ej särdeles lyckligt ordnade leder; sedan dess har man uttänkt enklare mekanismer, som gifva samma verkan och hvaraf vi i fig. 449 afbilda en. I den i hvilande tillstånd framstälda mekaniken se vi stöttungan, i form af en vinkel *c d e*, längre upptill försedd med en ny arm *f*, på hvilken är fäst en böjd stålfjäder, som vid den andra ändan med ett stoppadt hufvud *g* nedtill hvilar mot hammarnöten *h*. Vid vanligt spel verkar mekaniken som hvarje annan; hufvudet med fjädern har ingenting att uträtta, ehuru det alltid hvilar mot hammarnöten och följer dess upp- och nedgående. Men om tangenten deremot af den spelande hålles nedtryckt, så att stöttungan förblir utlöst, faller hammaren tillbaka

endast ett kort stycke och förblir hvilande på hufvudet. Fjädern blir nu för ögonblicket ett stöd och en häfstång, ty han är stark nog att hålla hammaren sväfvande och genom hufvudet öfverföra den nedtryckta tangentens korta impulser på hammarnöten, så att svaga, korta slag i snabb följd kunna gifvas sjelfva strängen.

Härmed ha vi emellertid endast i korthet antydt pianots förbättringar. Moscheles, Liszt, Thalberg, Rubinstein, Bülow, Tausig jemte flere berömda virtuoser skulle aldrig kunnat göra sig gällande, om instrumentet ej redan uppnått en viss utbildning; de visade, hvad som på pianot kan åstadkommas, men föranledde äfven å sin sida ytterligare förbättringar. Pianot har också blifvit ett helt annat instrument; dess nu varande tonkarakter är i väsentlig mån olik dess ursprungliga, och man märker på den äldre pianoliteraturen, till och med Beethovens, att hon är tänkt för andra klangeffekter än dem, nutidens instrument erbjuda*).

Fig. 450. Mekanik för stående instrument.

För upprättstående instrument, der hammarslagen måste falla i annan, vanligtvis horisontal riktning, blir mekaniken naturligtvis annorlunda anordnad. Rörelserna blifva här lätt något trögare, emedan den naturliga tyngden mindre förmår medverka, så vida man ej vill taga små motvigter af bly till hjelp, hvilket i vissa inrättningar också verkligen eger rum. Det gifves ett temligen stort antal horisontalt slående mekanismer; vi afbilda deribland i fig. 450 en af de enklaste, hvars bygnad och verkan genom det föregående är lätt att fatta och som förnämligast utmärker sig genom en vacker konstruktion af dämmaren. *a b* är tangentens bakre del, *c d* stöttungan. Hammaren *f* vänder sig i nöten *e*. Dämmaren *k* är fäst vid ena sidan af en vinkelhäfstång *g h i* och tryckes från strängen genom en liten stång *l l*, hvilken vid tangentens nedtryckande uppskjutes af hans bakre ända. Så snart fingret lemnar tangenten, trycker en fjäder *m* dämmaren åter mot strängen *n n*.

Slutligen ges det ock ett stort antal nedåt slående mekanismer. Dessa ligga med sina klaviaturer öfver strängarna; den bakre tangentdelens uppstigande användes sålunda icke till en uppåt riktad stöt, utan till att nedifrån

*) Detta är delvis riktigt, men beror för öfrigt ganska mycket af det olika behandlingssättet hos de moderna instrumenten. På Bechsteins, Blüthners m. fl:s flyglar låta Mozart, Haydn, Weber m. fl. förträffligt spela sig, hvilket deremot är nästan omöjligt på ett pianino af den vanliga beskaffenheten, äfvensom på flyglar med djupgående tangenter och mycket voluminös ton. Ö. a.

upphemta den tvåarmade hammarhäfstångens bakre arm. I stället för stöttunga går en sammanbindande led från tangenten nedåt, som antingen ständigt eller omvexlande i angrepp och utlösning står i förbindelse med hammaren, nämligen med ett vridpunkten öfverskjutande stycke af den samma. Det var i synnerhet instrumentfabrikanten Greiner, som sökte lösa problemet af den nedåt slående mekaniken, och vi meddela i fig. 451 en afbildning af en hans uppfinning. Strängen *a b* lemnas af dämmaren *c*, då den bakre tangentändan *d e* går uppåt. Härmed lyftes äfven delen *f g*, som träder i stöttungans ställe och nedtill utlöper i ståltrådshaken *h*, och stycket *i* af hammaren *k l*, hvari haken ingriper, erhåller en knyck, som snabbt skjuter den förstnämda på strängen. Utlösningen sker derigenom, att det med tangenten sammanbundna stycket *f g* vid en viss höjd träffar en liten skruf *m* och derigenom tränger honom tillbaka, men vid nedgåendet åter framtryckes genom en fjäder. En fjäder eller annan anordning återtager genast hammaren efter skedt anslag. Den vid hammarnötens ända synliga kroppen *n* är ett slags fångare af filt.

Hvilkendera af dessa mekanismer än väljes, gifva dock dess möjliga företräden framför andra ännu ingen garanti för ett verkligt godt instrument. Ty då mekaniken för hvarje särskild ton är sjelfständig, erfordras dessutom äfven den största noggranhet, den finaste känsel hos handen och det mest öfvade öra för att sammanbinda alla dessa tusentals olika delar till ett öfverensstämmande helt.

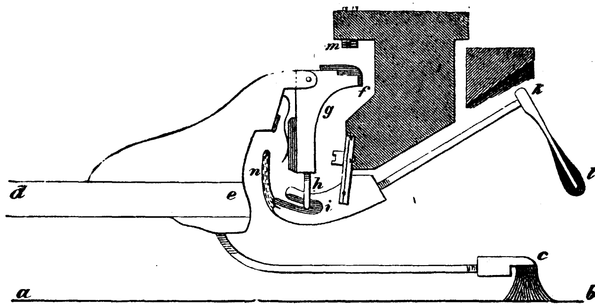


Fig. 451. Nedåt slående mekanik.

Då vi kasta en blick på en pianomekanik, sådan hon i fig. 451 är framstäld, ligga hennes flesta beståndsdelar dolda, och saken ser ej så invecklad ut, som hon i verkligheten är. Antalet af de särskilda småbitar af olika träslag, af stål- och messingstråd, kläde, filt, skinn och pergament, som finnas i mekaniken af en stor, med de finaste inrättningar utrustad flygel, kan öfverstiga 3000; hvarje enskildhet måste vara på det noggrannaste utarbetad med handen och lika noga inpassad i det hela. Olika träslag användas för de olika delarna, allt efter som de bäst egna sig för deras egenskaper. Det ena väljer man, emedan skifvor deraf ej slå sig, det andra, emedan det har rakt löpande ådror, andra åter, emedan de äro hårda eller mjuka eller sega o. s. v. Mest användas apel, päronträ, lind, äfvensom mahogny, ceder, pernambuco- och bresiljeträ, och det är otroligt, hvad det ofta så svaga träarbetet och ståltrådarna kunna uthärda, då pianot forceras. Men mästaren röjer sig deruti, att han känner sitt material och förstår att välja rätt, att han ger alla de-

lar deras riktiga proportioner och former och sammanställer det hela så, att delarnas fria rörelse ingenstädes hämmas.

De nyare instrumentens hammare bestå ej, som klavertangenterna, af hårda metalliska kroppar, utan man har, med afseende på den stora stränglängden och för att betaga den betydligt förstärkta tonen hårdhet och skärpa, öfverklädt dem med mjukt stoff, hvarigenom rörelsen mera öfverflyttas på strängens hela massa och dessa hit och dit löpande vågor, som föranleda uppkomsten af de skallrande höga öfvertonerna, ej kunna bilda sig i samma grad som på klaveret. Tonen blir derigenom visserligen något dofvare, men vinner större fullhet. Att dämningen likaledes genom mjukt stoff lyckas bäst, säger sig sjelft. Hammarnas så väl som dämmarnas beklädnad är derför ett af pianobyggarens vigtigaste arbeten samt fordrar den största noggranhet och det fullkomligaste material, så vida ej tonen med tiden genom dessa beståndsdelars förändring (hårdnande m. m.) skall förlora något af sin ursprungliga karakter. Förr, då man endast förstod att för sådana ändamål använda fårskinn och bomullstyg, voro dylika olägenheter oundvikliga. Man använde väl äfven hjortläder till hammarbelädring, och detta stoff var ock fullt ändamålsenligt, men kan nu mera ej erhållas i tillräcklig mängd. Det var således ett stort framsteg, när man först i Frankrike lärde sig tillverka vissa filtsorter, som nu allmänt begagnas. Uppfinningen spreds snart till England och sedermera äfven till Tyskland, der firman Weickert i Leipzig drifver denna fabrikation i stor skala.

Fig. 452. Klaviatur och hammarnas anordning.

Hammarfilten förekommer i fyrkantiga stycken af 3 till 5 fots längd och 2 till $3^1/_2$ fots bredd samt har 5 till 2 eller 1 till något öfver $^1/_2$ linies tjocklek. Han är mycket fin och mjuk samt består af ren eller med något bomull blandad fårull, stundom ock med tillsats af kaninhår.

Hammarhufvudenas tjocklek och rundning äfvensom deras mjukhet äro betydligast för de djupaste tonerna och aftaga sedan åt höger i samma mån som sjelfva strängarnas längd eller tjocklek. Endast öfverdragets öfversta lager består af den bästa filten; till underbäddande, såsom s. k. underfilt, användes en ringare sort. Filtstyckena fästas med lim på sitt ställe och åtdragas mindre på de tjockare hufvudena, mera på de tunnare. Äfven för diskantläget förekommer belädring.

Medan det mjuka hammar- och dämmarmaterialet sålunda träder i beröring med strängarna och å ena sidan hjelper till att bilda tonen, å den andra att bringa honom till tystnad, är på talrika andra ställen kläde eller skinn anbragt för att hindra hvarje annat biljud att uppkomma, så att mekanikens gång blir fullkomligt ohörbar. Öfver allt, der två hårda delar af mekaniken träda i beröring, finnes sålunda en beläggning med kläde eller dylikt för att dämpa hvarje möjligt buller; så t. ex. under tangenterna närmast nedtryckningen, vidare i midten, der öppningarna, i hvilka vridstiften inträda, äro fodrade med kläde, samt vid tangentens bakre ända, efter behof så väl under som öfver den samma. Vid utlösningen för stöttungan äfvensom vid hammarnöten, mot hvilken tungan spelar, är naturligtvis en synnerligt god beläggning behöflig. Äfvenså äro de så kallade kapslarna, i hvilka hammarnöten vänder sig på sitt stift, fodrade med kläde. Hammarna återfalla på en stoppad list, och i mån af mekanikens mer eller mindre komplicerade förhållanden måste på många andra ställen ett hårdt sammanträffande mildras genom någon mjuk beklädnad, ja, omtanken för verk af första ordningen går så långt, att till och med trånga hål, hvari en metalltråd skall röra sig, t. ex. till dämmarens upplyftande, fodras med kläde. Hammarfångarna äro alltid öfverklädda med mjukt skinn, så att här två mjuka luddiga kroppar komma i beröring med hvarandra, såsom det verksammaste medlet att genast försätta hammaren i stillhet.

Besträngningen. Vi komma nu till besträngningen, instrumentets hufvuddel, hvartill alla öfriga delar endast äro underordnade lemmar. De förändringar, strängarna sedan ett halft århundrade undergått, sträcka sig till materialets art och godhet så väl som till metalltrådarnas tjocklek. De äldre klaverfabrikanterna togo till sina långt tunnare besträngningar i djupet jern-, i höjden messingstråd; den senare erhölls bäst från Nürnberg, medan Berlins jerntråd vann företrädet. Nu mera är nästan hela materialet af gjutstål, en engelsk förbättring. Länge voro Webster och Horsfall de förnämsta leverantörerna af goda klaversträngar; sedermera ha de af Miller i Wien och sedan slutet af 50-talet af Pöhlmann i Frankenhammer ej allenast uppnåtts, utan äfven öfverträffats. En Broadwoods flygel, bespänd med millerska strängar och från 1852 till 1862 spelad på 460 konserter, förlorade på hela tiden blott en enda sträng.

Strängens ton beror, som bekant, visserligen på längden af hans svängande del, på hans tjocklek och spänningsgrad; dock kunna dessa tre faktorer, såsom erfarenheten lärt, ej ersätta hvarandra; fast mera måste de stå i ett visst inbördes förhållande, om den starkaste och vackraste ton skall kunna erhållas. Endast då strängen spännes så hårdt, att han är nära att springa, klingar han starkast och renast; de starkaste strängarna äro derför äfven de bästa. Men kan den bästa ton ej vinnas i hvarje spänningsgrad, är det naturligt, att den väsentligaste förmedlingen måste sökas mellan de båda andra faktorerna, längden och tjockleken. Den riktiga afmätningen af stränglängderna, hvilka åter måste rätta sig efter instrumentets bygnadssätt, är således en vigtig uppgift. Hvarje grad af strängens tjocklek, längd, vigt och spänning med-

för en särskild nyans af tonen. Skulle man spänna två strängar af lika längd och tjocklek så olika, att skilnaden mellan deras tonhöjder blefve en oktav, skulle den högre tonen möjligen klinga väl, men den lägre deremot svagt och platt; ville man å andra sidan, för att erhålla ofvan nämda båda toner, låta två strängar endast skilja sig till längden eller blott till tjockleken, blefve skilnaden i tonqvaliteten väl ej så stor som i förra fallet, men den önskade lika klangen och styrkan skulle dock saknas. Instrumentbyggarens öfvade öra märker redan en tydlig skilnad mellan två olika strängnummer, änskönt 12 till 30 slags sådana användas i ett instrument, och han söker genom hammarnas sista beklädnad åstadkomma en utjemning. Praxis är sålunda den att låta längden så väl som tjockleken, och i mindre mått äfven spänningen, aftaga nedifrån uppåt. Väl gifvas regler härför, men förfaringssättet blir dock alltid blott förmedlande, ungefärligt, hvarvid det afgörande ordet tillkommer örat. Pianobyggarna borde derför, för att sjelfva kunna besvara uppstående frågor, vara fullt förtrogna med fysikens läror eller åtminstone med akustikens, vågrörelsens, elasticitetens m. m. lagar; men, ty värr, inskränker sig flertalet endast till det empiriska efterbildandet af det ena eller andra mönsterinstrumentet.

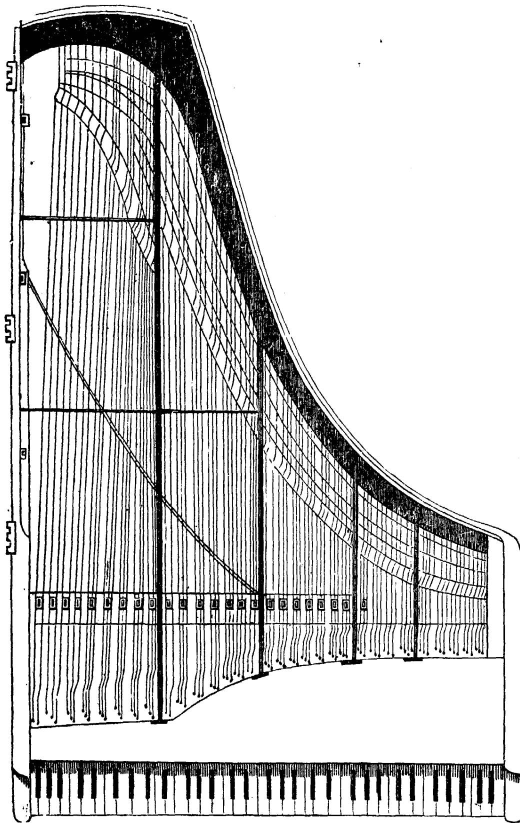


Fig. 453. Öfversigt af besträngningen.

Den funna stränglängden, som redan derför ej kan vara likformigt aftagande, emedan ej för hvarje tangent något visst strängnummer finnes, betingar den krökta formen af resonansbottnens stall och stiftens ställning på det samma. Såsom egentlig stränglängd gäller endast afståndet mellan stiften på detta stall och stämstockens, emedan blott denna del af strängen kan svänga.

Öfversigten af en besträngning, sådan hon i sina hufvuddelar ses uti afbildningen fig. 453, visar, att icke alla strängarna bestå af blank ståltråd; i basläget är strängens stålkropp fast mera öfverspunnen, d. ä. spiralformigt tätt omlindad med fin metalltråd. Materialet härtill är fin, mjuk koppartråd eller

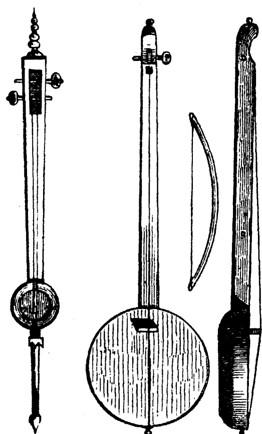
ock endast i första oktaven koppar, men för öfrigt fin jerntråd. Belastningen med denna tråd tvingar strängen att svänga långsammare och sålunda gifva en djupare ton. Metalltråden förhåller sig härvid, som hörde han till sjelfva strängkroppens massa; öfverspinnes t. ex. en sträng med så mycket tråd, som han sjelf väger, ljuder han under för öfrigt lika förhållanden en oktav lägre än samma nummer oöfverspunnet. En annan väsentlig fördel af öfverspinningen är, att en mängd bitoner, hvilka på enkla strängar, helst i basläget, skulle gifva störande biljud, derigenom undertryckes.

Genom dubbel eller tredubbel besträngning (körer) vinnes naturligtvis en större tonfullhet; ökandet af strängarnas antal verkar det samma som deras förstärkning. Alla smärre instrument äro derför dubbelt besträngade (tvåkoriga), flyglarna deremot trekoriga ända till det djupare basläget, der likaledes tvåtalet uppträder.

Klangfärg. Det är ingalunda likgiltigt, hvilken punkt på strängen af hammaren anslås. Anslås en sträng i midten, kunna naturligtvis alla de öfvertoner, som här ha en svängningsknut, ej göra sig gällande, emedan den del, der hammaren vidrör strängen, just sättes i den starkaste rörelsen. Men då tonfärgen uppkommer genom ett sammanklingande af strängens grundton med enskilda eller flera af dess öfvertoner, bland hvilka under vissa omständigheter den ena eller andra till och med kan öfverträffa grundtonen i intensitet, måste bortfallandet af en hel följd af öfvertoner (såsom den andra, fjerde, sjette, åttonde o. s. v.), i följd hvaraf t. ex. klangen *C* då ej mera skulle bestå af tonbeståndsdelarna *c c' g' c'' e'' g'' b'' c'''* — — —, utan fast mera endast af *c g' e'' b''* o. s. v., vara af det väsentligaste inflytande på klangfärgen. Också har en i midten anslagen sträng derför en ihålig näston, hvilken dock genast ändras, om man anslår strängen på en annan punkt, t. ex. på $^1/_3$ af hans längd, hvarvid då den tredje, sjette och nionde öfvertonen bortfaller, men deremot *c e' c'' e'' b'' c'''* o. s. v. sammanklinga. Men nu äro de högre öfvertonerna utöfver den åttonde sådana, som ej mera passa i grundtonens durtreklang och hvilkas bortfallande således ej allenast icke skadar pianots klangfärg, utan till och med verkar renande. Genom ett riktigt anbringande af hammarens anslagspunkt kan man ganska väl åstadkomma detta bortfallande, och pianofabrikanterna hafva hittills utan kännedom om orsaken låtit hammaren anslå de mellersta stränglägena i $^1/_7$ till $^1/_9$ af längden i känsla af, att den vackraste tonkarakter derigenom skulle vinnas. Helmholtz har uti sitt redan anförda verk uppvisat den vetenskapliga orsaken till detta empiriska förfarande, och önskvärdt vore, att instrumentbyggarna måtte skänka sådana forskningsresultat behörig uppmärksamhet samt söka förvärfva sig den härtill nödiga vetenskapliga bildningen.

Sedan instrumentets konstfulla och mödosamma bygnad till utseendet ändtligen är fullbordad och pianot erhållit en ytlig stämning, återstår likväl ännu mycket arbete. Nu kommer mekanikens och tonernas utarbetande och egalisering. Till en början måste hammarverkets och dämningens alla delar

noga genomgås samt hvarje led undersökas, om han motsvarar sin bestämmelse eller behöfver rättelse. Tangenternas lika tunga fall fordrar den noggrannaste pröfning och justering, hvarvid användes en på tangenterna ställd vigt; alla fjädrars behöriga grad af styrka, stötarnas och de af dem beroende hammarnas riktiga höjd, den stadiga och punktliga utlösningen, kort sagdt, allt, som hör till mekanikens stumma spel, måste bringas i den bästa ordning, hvarefter man skrider till sjelfva tonförhållandenas beriktigande. Ty äfven här kan mången ojemnhet behöfva jemnas; det händer, att dofva, hårda, skarpa eller eljest felaktiga toner förekomma, och orsaken, som ofta ej är så lätt att upptäcka, kan, såsom vi nu inse, ha de mest olikartade ursprung. Rättelser i belädringen och enskilda strängars utbytande kunna möjligen afhjelpa felaktigheten; lyckas ej detta, måste man söka orsaken på annat håll. Konstruktions- eller materialfel i bygnadens särskilda delar kunna verka skadligt; stall, resonansbotten, stämstock, stift m. m. kunna hafva dolda brister; undangömda tomma ställen, der limmet ej fastnat, dolda springor m. m. måste uppsökas som lömska fiender och göras oskadliga. Slutligen kunna tonerna hvar för sig vara oklanderliga, men det oaktadt ej ordna sig till en likformig totaleffekt. I sådant fall måste synnerligast belädringen och dämningen å nyo underkastas en grundlig pröfning.


Fig. 454. Arabisk fiol med 2 strängar. Fig. 455. Arabisk fiol med 1 sträng.

Och sålunda uppstår genom handtverkets, konstens och vetenskapens samverkan denna intressanta organism, som utur naturens alla tre riken, möjligen ock från alla verldsdelar, samlat sina beståndsdelar, som under förutsättning af god och omsorgsfull behandling kan vara en husets prydnad, ett troget sällskap, en deltagande vän i glädje och smärta och med hvilken vi derför undantagsvis så utförligt syselsatt oss.

Fiolen och de fiolartade instrumenten. Bland stränginstrumenten är fiolen till sina akustiska och musikaliska förhållanden det fullkomligaste, men visserligen äfven det, hvars fysikaliska teori erbjuder de flesta svårigheterna.

Märkvärdigt är, att tillverkningens höjdpunkt ej tillhör vår tid, utan en länge sedan förfluten, och att sedan 1600—1680 fiolbygnadskonsten ej hållit jemna steg med de fysikaliska och musikaliska vetenskapernas utveckling.

Fiolen består af en ihålig resonerande låda, öfver hvilken flera strängar äro spända. Lådans form och strängarnas art äro olika i de olika länder, der vid endast någorlunda utvecklad kultur nästan utan undantag fiolartade instrument påträffas. Men öfver allt användes samma sätt att frambringa toner genom strängarnas strykande med en stråke, bespänd med tagel, som

genom kolofonium göres kärft, och tonens höjande genom strängens förkortning medelst dess nedtryckande på ett långt, halsartadt gripbräde.

Figurerna 454 och 455 visa oss två arabiska fioler. Hos inderna finner man fiolen som ackompanjementinstrument, hvartill han ock i medeltiden af de kringresande sångarna begagnades. Det franska ordet för den då af jonglörerna brukade tresträngiga fiolen, rabel eller rebek, härstammar från det arabiska ordet rabib, som betyder ett slags lyra. Ordet fiol af violin, violon är spanskt och kommer af riolon.

Före 5:e århundradet voro stråkinstrumenten föga kända i Europa. Efter nordmannatågen spriddes de och tyckas redan tidigare varit i bruk hos de nordiska folken. Deras rol var dock i alla händelser endast underordnad, och deras tillverkningssätt ännu länge simpelt och konstlöst. Först med 12:e århundradet ändra de ofta form och benämning, och spelsättets utbildning ledde äfven till förbättringar af musikkroppen.



Fig. 456. Crout från 9:e seklet; efter en gammal miniatyrmålning.

Det äldsta förbättrade instrument af denna art synes vara det, som i gamla handskrifter kallas crout, ett ord, som sammanhänger med ett annat beslägtadt instruments benämning, rote eller rota, och otvifvelaktigt härledde sig från den latinska formen crotta. Crouten, som skall ha varit i bruk hos de nordiska barderna, hade en aflång, på båda sidorna mer eller mindre krökt tonkropp, en hals, som sammanhängde med denna och i hvilken två öppningar tilläto venstra handen att nedtrycka strängarna och dymedelst förändra tonen. Strängarna, i början tre till antalet, voro spända öfver ett stall. Längre fram ökades de till fyra, ja, till sex, af hvilka dock två voro lösa. Den spelande strök dem med en rak eller krökt stråke, bespänd med en metallsträng eller med tagel. Utöfver 12:e århundradet har crouten ej bibehållit sig. Dock ersattes han genom rote eller rota, som hufvudsakligen spelades i 13:e århundradet och tyckes ha uppfunnits för att frambringa en kombination af strängar, som strökos, och sådana, som knäptes. Kroppen var nedtill, der strängarna äro fastgjorda, bredare än upptill åt gripbrädet och hade fyra ljudhål. Halsen är sjelfständig och närmar sig redan till nutidens fiolform. Men då lådan var flack och strängarna ej heller tyckas ha hvilat på ett stall, måste det ha varit förenadt med

stora svårigheter att få en af dem att ljuda, och instrumentets bestämmelse var troligen att genom angifvande af terser, qvinter och oktaver gifva en sjungen eller på något annat instrument spelad melodi ett slags harmoniskt ackompanjement.

Att dessa instrument i sina olika former länge qvarstodo i bredd med hvarandra och ändringar redan ganska tidigt förekommo, innan de så allmänt upptogos, att derigenom de äldre konstruktionerna alldeles undanträngdes, säger sig sjelft för tider, då den ännu föga utvecklade samfärdseln gaf allt en konservativ karakter. Vi se derför redan bland de elfva musicerande figurerna från kapitälet i S:t Georgskyrkan i Boscherville (se fig. 435) den första hålla ett tresträngigt instrument med utskärningar på ömse sidor och fyra månformiga ljudhål som en violoncell mellan knäna, en annan spela ett fyrsträngigt instrument som en fiol. Öfverensstämmelsen med fig. 459 är ögonskenlig. Öfvergången till de former, i hvilka stråkinstrumenten synas ha fått sin fullkomliga utbildning, försiggick helt småningom. Den andra figuren i det afbildade sällskapet bearbetar ett stränginstrument på ett sätt, som ännu förekommer på barnleksaker, der en ryttare eller en björn eller ett dansande par genom en vef sättes i rörelse och derjemte en sensträng, som genom vefvens kringvridande knäppes eller gnides, frambringar några gnällande toner. De gamla instrumenten förrådde dock i alla händelser en viss konstfärdighet i tillverkningen och medgåfvo äfven ett bättre utförande, hvartill gripbrädet, som tillät strängarnas förkortning, ger anledning att sluta. På den senaste parisutställningen sökte denna form att under benämningen p i a n o q u a t u o r åter göra sig gällande, hvilket dock säkerligen endast i mycket ringa grad lyckats. Detta piano quatuor hade en klaviatur samt besträngning. Strängarna kommo vid tangentens nedtryckning i beröring med en tätt framför den samma liggande roterande vals, hvilken genom friktion framkallade en stränginstrumentartad ton. Deraf benämningen. Rotationen åstadkoms genom pedal.



Fig. 457. Konung David, spelande rota (efter en glasmålning uti katedralen i Troyes).

På Notredamekyrkan i Paris fans ännu före revolutionen vid nedre sidans portal en stående figur, som ansågs föreställa konung Chilperic. Denna figur, som likaledes förskref sig från 11:e århundradet, höll i handen en fiol,

hvars prydliga form låter sluta till en redan hunnen betydande fulländning i det tekniska arbetet. Lika så känner man i kyrkan S:t Germain des prés i Paris en figur från 12:e århundradet, som behandlar en femsträngig viola. En miniatyrmålning från 14:e århundradet i nationalbiblioteket i Paris och en annan på portalen till kapellet S:t Julien des ménétriers (fig. 458) förekommande figur från samma tid visa, att den då brukliga rebeken temligen noga öfverensstämmer med en tresträngad fiol och redan eger snäckan på nutidens fiol. Vi kunna sålunda ända till denna tid följa fiolens utveckling i hans nu varande gestalt.

Som vi af figurerna i S:t Georgskyrkan finna, hade man långt förut, utom de vanliga fiolartade instrumenten, äfven andra, dessa liknande, men större stränginstrument, dem man, liksom violoncellen, höll mellan knäna och hvilka allt efter landets bruk hade tre, fyra eller fem strängar (fig. 435).

Till sitt väsen öfverensstämma alla instrument af denna art med fiolen och hafva i sin gemensamma användning till att förstärka eller harmonisera fiolmelodin gått så hand i hand med sistnämda instrument, att principalinstrumentets historia äfven kan anses omfatta de öfrigas utvecklingsgång.


Fig. 458. Rebekspelare på portalen till kapellet S:t Julien des ménétriers i Paris.

Fioltillverkningens konst erhöll synnerligast i det musikaliska Italien, der den kyrkliga kulten måste väsentligt befordra instrumentalmusikens utbildning, lyftning och fulländning. Der var det ock, som detta instrument uppnådde sin utvecklings glansperiod. De första fiolerna med 4 strängar bygdes af en viss Testori. Arbetet var emellertid ännu temligen rått och tonen svag. Men Testoris efterföljare Andrea Amati i Cremona lyfte fioltillverkningen hastigt till en hög grad af fullkomlighet, så att hans rykte spriddes långt i utlandet, och genom de af Karl IX hos honom beställda instrumenten förvärfvade de italienska fiolerna ett betydande företräde framför alla andra dylika instrument. Hans son eller hans söner Antonio och Enrico Amati — båda namnen kunna möjligen tillhöra en och samma person — egnade hela sin lefnad åt faderns uppgift, den de äfven löste så, att de mest fulländade instrument, som gifvas, väl kunna tillskrifvas deras flit och ihärdighet. Åren från 1594 till ungefär 1625 beteckna den tidrymd, från hvilken de fullkomligaste amatiinstrumenten härröra. De stora framgångarna ledde till en fabrikation i så stor skala, att Amatierna äfven på andra håll läto för sin räkning tillverka fioler, dem de sedan gåfvo den slutliga fulländningen och sitt namn. I den nu varande baierska staden Füssen ensamt arbetade sex fiolmakare för fabriker i Cremona.

Den allt för rika alstringen kunde dock ej inverka fördelaktigt på varans godhet, och sålunda se vi omkring medlet af 17:e seklet det stora ryktet öfvergå till en annan fiolfabrikant, Andrea Guarneri, hvilken, och efter honom hans son Giuseppe, intill början af 18:e århundradet utöfvade tillverkningen af stråkinstrument i Cremona. Af dem lärde Antonio Stradivari konsten, och dessa tre kunna anses som de värdiga och jembördiga efterföljarna af amatifamiljen i hennes blomstringsperiod. En lärjunge af Nicolo Amati i Cremona och den likaledes berömde Vimercati i Venezia, Jakob Stainer från Absam i Tyrolen, öfverflyttade fiolbygnadskonsten till Tyskland.

Men med Stainer slutar denna konsts klassiska tid. Sedan de nämda mästarna har förfärdigandet af fioler visserligen i Italien så väl som annorstädes alltid förblifvit en med mycken liflighet idkad industrigren, och mycket goda, ja, till en del förträffliga instrument ha äfven i en senare tid förfärdigats, men epigonerna ha ingenstädes förmått svinga sig upp till samma höga ståndpunkt af allmän fulländning som deras föregångare. Man må icke tro, att goda fioler förut betalats bättre än nu; tvärt om betinga fulländade instrument nu för tiden pris, som Amati och Guarneri ej på långt när erhöllo. Det ser ut, som om proportionernas hemlighet, valet af träslag, snittet på de särskilda delarna, sammanfogningen, bersträngningen, ja, till och med lackeringen, hvilket allt dessa gamla fiolbyggare tyckas ha funnit genom en särskild instinkt, skulle ha gått förlorade, som om fulländningen hos de sistnämdas instrument endast genom efterbildning af deras förfaringssätt skulle kunna i någon mån uppnås. Men den obeskrifliga skönheten i Amatis, Guarneris och Stradivaris arbeten är visserligen också till en del ett verk af tiden.



Fig. 459. Tyska musikanter från äldre tider med fiol och bas. Efter J. Amman.

Fiolerna vinna med åldern i fullkomlighet, så att de instrument, hvilka nu anses vara af en fulländad skönhet, kanske ej kunde göra samma anspråk för hundra år sedan eller ännu längre tillbaka, och att tvärt om instrument, som nu, oaktadt sin oklanderliga bygnad, i fråga om tonernas skönhet och fullhet ej på långt när komma upp mot de gamla fiolerna, kanske femtio år härefter blifva alldeles utmärkta instrument. Men liksom vinet, synes äfven fiolen ha en viss bestämd tid af högsta fullkomlighet, efter hvilken han går till-

baka i tonskönhet, och häraf torde det komma, att guarnerierna och stradivarierna nu ofta föredragas framför de femtio år äldre amatiinstrumenten. Oaktadt man nu lika väl som förr kan nedlägga den största omsorg och konstfärdighet på det bästa material, tyckes det likväl ej blott vara omöjligt att öfverträffa, utan knappast ens möjligt att uppnå dessa berömda fiolfabrikanters arbeten. Men att detta område i och för sig icke är ett sådant, som uttömmes genom ett enda skema, bevisa de gamla mästarnas instrument tillräckligt. Deras afvikelser från hvarandra äro omisskänliga och så betydliga, att öfvade kännare redan på grund af dess yttre kunna med säkerhet säga, hvem som förfärdigat det eller det gamla instrumentet. Om också den första formen är att anse som en uppfinning af Amati, voro likväl de öfriga fabrikanterna inga blotta efterhärmare. Olikheterna i detalj bevisa, att de uppfunnit sina instrument sjelfständigt efter andra principer och stödda på andra erfarenheter.

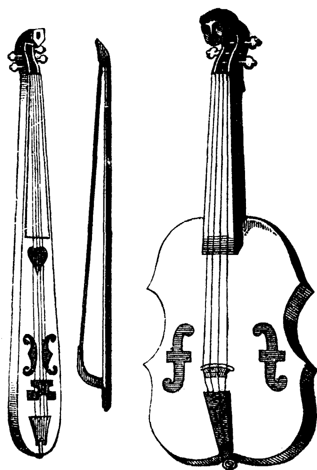


Fig. 460. Gamla fioler jemte stråke.

I fig. 460 äro ett par gamla fioler afbildade, sådana Mersenne i sin "Universalharmonie" bevarat dem åt oss. Det större instrumentet förskrifver sig från senare hälften af 16:e århundradet, och man ser, att sedan den tiden denna form bibehållit sig nästan oförändrad (fig. 461). Den mindre är en så kallad stockfiol (pochette, fickfiol), som i anseende till sina små dimensioner af dansmästarna lätt kunde medföras i fickan på den stora vida rock, som den tiden begagnades. Deras slägte är nu utdödt. Men om fiolens form icke väsentligen förändrats, har i stället stråken efter hand undergått en ombildning, hvilken sedan början af förra århundradet fortgått genom de i fig. 462 aftecknade formerna till den gestalt, han nu har.

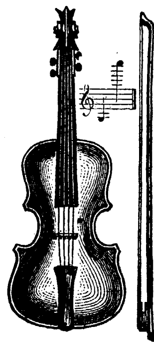


Fig. 461. Fiolens klassiska form.

Fiolens beståndsdelar och teori. Den ihåliga lådan är sammansatt af flera stycken, af hvilka hvart och ett har sina bestämda proportioner. Det hvälfda locket (bröstet) göres af furu, bottnen samt sidoväggarna eller sargen vanligen af lönn. Bottnen är äfven hvälfd, men mindre än locket. Fullkomligheten af trävirket, i synnerhet det, som användes till resonansbottnen, har det allra största inflytande på tonens skönhet, ty det är ju nästan uteslutande dess elasticitetsförhållanden, som gifva tonen hans fullhet och rundning. Det rätta valet af virke är derför äfven en af fiolfabrikanternas förnämsta uppgifter, och det berättas, att de gamla mästarna sjelfva uppsökt sitt virke i skogen och för detta ändamål genomströfvat de aflägsnaste bergstrakter. Årsringarna måste ha

lagrat sig på hvarandra med stor regelbundenhet och få hvarken ligga hvarandra för nära eller på för stort afstånd. Inuti den ihåliga kroppen är en furulist fastlimmad sålunda, att han ligger precis under venstra foten af stallet. På detta sätt står den djupaste eller G-strängen på ett egendomligt sätt i nära samband med locket. Diskantsträngarna stödjas på sådant sätt, att under högra foten af stallet inklämmes en liten vertikal, cylindrisk pinne, som kallas ljudpinnen. I locket finnas de redan nämda ljudhålen eller, som de efter sin form kallas, *f*-hålen. De ha det allra största inflytande på tonens bildning, men verka likväl på ett helt annat sätt, än man fordom antog, nämligen att de skulle gifva ett utlopp åt den instängda luftens vibrationer. Strängarna löpa på längden öfver resonansbottnen. De äro nedtill fastgjorda i en liten trälist, stränghållaren, och spännas på ungetär lika afstånd öfver det hvälfda stallet. Den behöriga längden erhålla de derigenom, att vid fiolens kropp är fäst den s. k. halsen, ett aflångt trästycke, i hvars öfre ända stämskrufvarna sitta. Halsen tjenar till ett handtag, på hvilket den venstra handen genom nedtryckning förkortar strängarna och derigenom efter behag höjer deras ton. I sin ända löper halsen ut i snäckan. Strängarna äro så ordnade, att de tjockare, med metalltråd öfverdragna bassträngarna sitta till venster och diskantsträngarna till höger. Stämningen är från venster till höger *g d ā e*. För öfrigt har hon ej alltid varit den samma. Barbella stämde t. ex. *a d fis cis*, Lolli *d d ā e*, Paganini *as es b f* o. s. v.

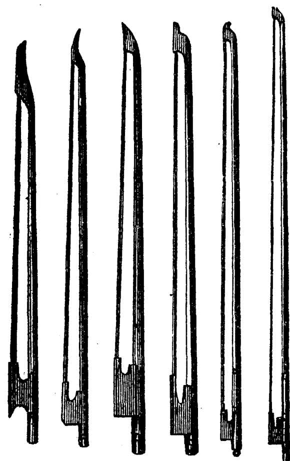


Fig. 462. Olika former af stråken.

Altfiolen, viola, skiljer sig från fiolinen genom en något större korpus och saknar dennas högsta sträng, hvaremot han har en ännu djupare sträng. Ännu större kropp har violoncellen, hvilken derför vid spelandet ej kan sättas mellan axeln och halsen, utan stödes mot marken och hålles mellan knäna. Man har allt ifrån de äldsta tider förfärdigat flera fiolartade instrument af olika storlek och tonhöjd, och i 17:e århundradet var i synnerhet ett af dem, viola da gamba, mycket omtyckt. Det stod midt emellan altfiolen och violoncellen och tjenade vid konserter hufvudsakligen till att ackompanjera fiolen. Violoncellen i sin nu varande gestalt har, enligt Anthony, blifvit uppfunnen i början af förra århundradet af Tardieu, en prest i Tarascon och broder till en på den tiden berömd kapellmästare. Han hade i början fem strängar, som voro stämda sålunda: *C G d a d*, men den femte i ordningen, *d*, utelemnade man snart. I Frankrike infördes violoncellen under Ludvig XIV. I orkestern visade han sig för första gången 1720.

Kontrabasen (fig. 463) är ett stråkinstrument af gröfsta kaliber. Han har mycket tjocka strängar, hvilkas nedtryckande redan fordrar en betydlig kraft;

ja, på jättebasfioler, hvilka då och då förfärdigats, dock mera som en kuriositet än för att tjena ett verkligt konstbehof, har man öfverlemnat strängarnas förkortande, greppet, åt en särskild mekanism.

I orkestern spelar första fiolen i allmänhet melodin, andra fiolen och altfiolen (viola) ha mellanstämmorna, och violoncellen, förstärkt af kontrabasen i lägre oktaven, utför grundstämman eller basen; stundom äro äfven de båda sistnämda delade.

De italienska fiolerna skilja sig från de tyska derigenom, att de i genomskärning äro ungefär $1^1/_3$ tum längre och något smalare än dessa. De bästa amatifiolerna äro starkt hvälfda i locket ända till en höjd af en tum, smärta, prydliga och med ej mycket utstående hörn. Sargen är temligen starkt och vackert afrundad. Ljudhålen ligga, i anseende till den mindre bredden, närmare hvarandra. Den undre bottnen är för det mesta af vattrad lönn och lackerad med en ljust körsbärsbrun bernstenslackering. Dock finner man äfven instrument, i synnerhet af Nicolo Amati, hvilka till sina dimensioner något afvika från dessa och äfven ha en ljusare lackering. Stradivarifiolernas lock är vida mindre hvälfdt, knapt hälften så mycket, medan Guarneris stämma mera öfverens med Nicolo Amatis. Stainer gick ännu längre i lockets hvälfning och gjorde det så högt, att, när man håller fiolen horisontalt, man kan se midt igenom båda *f*-hålen.



Fig. 463. Kontrabasen.

Det är svårt att säga, hvilka af de särskilda delarna på fiolen och dermed beslägtade instrument mest bidraga till en vacker ton. Gradationerna äro så mångfaldiga och så fint skiftande, att man af den gemensamma effekten svårligen kan sluta till det inflytande, den ena eller andra af de olikartade beståndsdelarna utöfvar. Savart har visserligen sökt utveckla fiolens teori efter fysikaliska grunder, men med så godt som ingen framgång, ty det instrument, liknande en likkista, som han sammansatte af sex små, rektangulära bräder, kan på intet sätt jemföras med en fiol, ehuru han ansåg det som fiolens grundform. Lagarna för vibrerande skifvor, sådana de inom fysiken utdragas från enkla experiment, blifva i fråga om fiolen först och främst genom den egendomliga formen och vidare genom lockets hvälfning, *f*-hålens inskärning, träets olika tjocklek, genom längdlisten och ljudpinnen, genom den olika fördelning af spännkrafterna, som besträngningen åstadkommer, o. s. v., så invecklade, att, ehuru alla dessa faktorer naturligtvis beherskas af den enklaste lagbundenhet, slutresultatet dock ej kan framställas i en enkel form. På lika sätt inverka nu äfven

sargen, bottnen och halsen. Men ingen af dessa delar har särskildt för sig blifvit på ett uttömmande sätt undersökt till sitt verkningssätt, och derför kunna ej heller på försöksapparater, der den ena eller andra beståndsdelen saknas eller är framstäld på ett ofullständigt sätt, några iakttagelser göras, hvilka i fråga om fiolen medgifva en ofelbar slutsats. Dermed vilja vi naturligtvis icke säga, att de fysikaliska vetenskaperna böra helt och hållet afstå från att söka förklara detta instrument; deras slutsatser skola fast mera kunna vara instrumentmakarna till väsentlig nytta; men de måste, i motsats till den väg, som hittills följts, taga instrumentet som en färdig produkt och a posteriori söka orsakerna till dess egendomlighet.

Fiolen, sådan han är, är ett allt igenom förandligadt instrument, en organism, i likhet med lefvande väsen. Han har sin kropp, sina nerver och sin själ. Hvar och en af dessa beror på naturligt sätt af de andra, men ingen kan lösryckas från de andra och för sig allena mätas och vägas till sitt lifgifvande inflytande.

Stråkinstrumentens egendomliga klangverkan beror, enligt Helmholtz, derpå, att grundtonen framträder särdeles starkt och starkare än i pianots eller gitarrens strängar, på hvilka man slår eller knäpper nära deras ändar, men de första öfvertonerna deremot jemförelsevis svagare och först de högre öfvertonerna från den sjette till ungefär den tionde göra sig märkbara med synnerlig tydlighet och framkalla den skärpa, hvilken utmärker klangen af alla stråkinstrument. De nyare instrumentmakarna, bland hvilka i synnerhet Vuillaume i Paris, Padewet i Karlsruhe, Grimm i Berlin, Otto i Köln och Lemböck i Wien äro utmärkta, ha äfven, med riktig uppfattning af sin sak, mindre försökt sig på framställande af fioler efter nya principer än att följa de gamla mästarna, och deras framgångar tala tydligare än allt annat för, att detta för närvarande är den enda rätta vägen.

Man har visserligen framstält många slags nya fioler af messing, silfver, med elliptisk eller sferisk kropp, med metallsträngar o. s. v., men om äfven brukbara instrument på detta sätt frambragts, var det dock ej mera fioler, utan tonverktyg af helt och hållet nya egenskaper, som man ej beräknat. Vill man framkalla fioltonen, sådan vi älska honom i de gamla instrumenten, återstår intet annat än att framkalla honom med samma medel och på alldeles samma sätt, som Amati, Guarneri och Stradivari först och skönast gjort.

Fioltillverkningen i Tyskland spelar i synnerhet i Mittenwald en mycket stor rol. Hon drifves der fabriksmässigt, och den godhet, dessa instrument, oaktadt sin stora prisbillighet, ega å ena sidan, och deras deraf betingade stora afsättning å den andra ha förskaffat henne en sådan betydelse, att vi här måste egna denna industrigren någon uppmärksamhet. Dess början går tillbaka ända in i 17:e århundradet och anknyter sig vid den gamle mästaren Stainers verksamhet. Jakob Stainer, född den 14 juli 1627 i Absam

vid Hall i Inndalen, kom som gosse i lära hos en orgelbyggare, men utbytte snart, i anseende till sin svaga kroppsbygnad, denna syselsättning mot ett lättare yrke, fiolmakeriet, som då blomstrade i Cremona, med hvilket, såsom vi redan nämt, mångfaldiga beröringar egde rum. Stainer kom nu äfven genom rekommendation till Nicolo Amati, hvilkens metod han gjorde till sin egen. Amati önskade, att han skulle stanna hos honom och gifta sig med hans dotter. Detta tyckes ha varit anledningen till, att Stainer i hemlighet flydde och begaf sig till Vimercati i Venezia. Sedermera bosatte han sig i sin födelseort Absam och grundlade här redan under första hälften af fyrtiotalet en egen fiolfabrik, hvars läge var synnerligt gynsamt genom de i närheten i stor mängd växande utmärkta trädslagen, af hvilka han i synnerhet med stor omsorg utvalde dem från Lafarschs och Gleirschs bergåsar. Bland de lärjungar och medhjelpare, han genom sitt stora rykte dragit till sig, var äfven Mattheus Klotz från Mittenwald, en liten stad, belägen några timmars väg norr om Absam. Denne Klotz, hvilkens instrument nu anses nästan jemngoda med de stainerska, återvände till Mittenwald och inlärde der sin son i yrket. Den unge Klotz var också redan riktad med de yppersta erfarenheter, då han, för att fullkomna sig i sin konst, begaf sig till Italien. Här besökte han de berömdaste verkstäderna och uppehöll sig i synnerhet en längre tid i Cremona och Firenze. I början af åttiotalet återvände han till Mittenwald med föresats att göra sin födelseort till ett tyskt Cremona. Den höga och mångsidiga bildning, han förvärfvat, gjorde det möjligt för honom att meddela sina lärjungar de rationela grundsatser, efter hvilka fabrikationen af stränginstrument drefs i Italien. Genom hans energiska sträfvanden uppsteg också den då nästan utarmade köpingen hastigt till ett nytt välstånd, och nu, efter nära 200 år, måste hela orten som sin räddare välsigna denne man, hvilkens förtjenst ej ens den musikaliska efterverlden tillräckligt uppskattat. Schafhäutl har i sin förträffliga berättelse om de musikaliska instrumenten på industriutställningen i München 1855 allra först stält uppkomsten af Mittenwalds instrumentfabrikation i ett klart ljus.

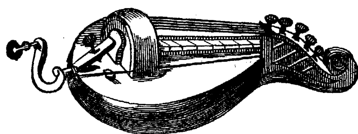
Med rätta kallar han Egidius Klotz en räddare i nöden. Den omständigheten nämligen, att de af hertig Sigismund förolämpade venezianska köpmännen sedan nära två århundraden ej mera besökte årsmarknaden i Botzen, hade blifvit en källa till ett ej ringa välstånd för Mittenwald, dit dessa köpmän under denna tid förlagt sina varunederlag. År 1679 hade emellertid Botzen återfått sin gamla marknad, och derjemte uppstod en ny handelsväg öfver Finstermünz, Fernstein och Reutte. Derigenom förlamades Mittenwalds lifsnerv, och endast en ny, på naturlig väg uppkommen industri, sådan som den Klotz och hans son Joseph framkallade, kunde hindra ortens fullständiga utarmande.

Det gamla sättet att afyttra varor genom utbjudande i husen användes äfven först af fiolmakarna, hvilka med sina alster på ryggen vandrade från hus till hus och, enkla bergsbor som de voro, nöjde sig med ganska ringa förtjenst. Emellertid gjorde de förändrade handelsförhållandena ett mera

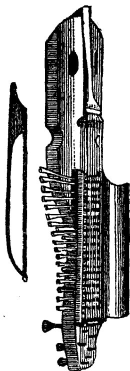
rationelt afyttringssätt nödigt. Köpmän, s. k. förläggare, uppköpte efter hand fabrikaten till ett mycket ringa medelpris, och på detta sätt ha dessa ansenliga firmor uppkommit, hvilka nu sända mittenwaldfioler till alla verldens delar. Man förvånas öfver det fabelaktigt billiga priset på de simplare, men dock alltid fint arbetade slagen. En fiol för 3 rdr 50 öre är redan ganska vacker; de billigaste kosta åtta riksdaler dussinet. Utom i Mittenwald finnas äfven i Markneukirchen och Klingenthal i Sachsen betydliga etablissement för förfärdigande af fioler.

Här må ock ett par nationalinstrument i korthet omnämnas.

Liran (lyra tedesca, rustica eller pagana, vielle, tiggarlyra m. m.) består af ett platt lock och kullrig botten, båda förenade medelst en hög sidovägg. I denna vägg finnes en klaviatur af 10—12 tangenter, hvilka spelas med venstra handen och förkorta strängarna. Dessa strängar äro fyra till antalet, af hvilka två alltid ljuda i enklang; de sättas i vibration genom ett med bomull eller tagel omlindadt och med kolofonium bestruket hjul, som kringvefvas med högra handen. Klangen är brummande och musiken högst enformig, emedan instrumentets diatoniska skala endast omfattar 10—12 toner. Liran är ett mycket gammalt och nu mera äfven föråldradt instrument; hon hörde fordom till den svenska landsbygdens tonverktyg, men träffas nu mera blott hos kringvandrande savojardgossar och andra ambulatoriska folkmusikanter. Att döma af Fredmans 33:e epistel, tyckas sådana ännu i slutet af förra seklet låtit höra sig på liran i Sverige.


Fig. 464. Liran.

Nyckelharpan är ett ganska gammalt och för den nordiska allmogen eget stråkinstrument; hon förekom synnerligast i Upsala- och Sigtunatrakten, der man ännu stundom hör henne trakteras af någon bondspelman. Instrumentet bäres hängande i ett band på bröstet och har två strängar, hvaraf den djupaste blott angifver en ton, ett slags orgelpunkt, under det melodin spelas på den andra medelst en jemte gripbrädet löpande klaviatur; båda strängarna anstrykas samtidigt. ("Polskan går vid oafbruten bas".) Utom dessa båda strängar finnas under dem flera andra af metall, hvilka endast genom sitt medljudande förstärka klangen. Nu mera har allmogen mestadels utbytt nyckelharpan mot fiolen och dragharmonikan.


Fig. 465. Nyckelharpan.

Blåsinstrumenten. Dessas historia står i nära samband med musikens egen. I sin första början begagnade hon sig endast af några få toner, och de äldsta uppfinnarna hade vid förfärdigandet af sina instrument en jemförelsevis lätt uppgift. Det instrument, som på det åskådligaste för oss framställer

detta musikens barndomstillstånd, är den s. k. panflöjten*), en sammansättning af flera slutna pipor, bildade af rörstycken med olika längd, på sådant sätt, att den pipa, som har den lägsta tonen, den längsta, befinner sig i midten och de kortare, som ha högre toner, äro ordnade i en aftagande serie på båda sidor. Han förekommer stundom ännu som leksak för barn, och man blåser uti honom som i en ihålig nyckel, i det man låter luftströmmen stryka öfver den lodräta mynningen och stöta emot dess bräddar.

Men snart nog gjorde man sig äfven till godo den erfarenheten, att en luftpelare, som vibrerar i en sluten pipa, förkortas, om man ger honom tillfälle att taga vägen utåt, innan han når pipans botten. Skär man således i en pipa flera hål på längden, gifva dessa, om de öppnas ett i sönder, vid blåsning olika toner, hvilka motsvara öppna pipor af samma längd som den öppna pipändans afstånd från motsvarande hål. Dessa hål borrades strax från början så, att de kunde hållas slutna med fingrarna. Genom att öppna det ena eller andra hålet kunde man sålunda framkalla den ton, man ville. Våra flöjter, klarinetter, fagotter m. fl. äro exempel på sådana instrument, hvilkas första början vi redan i herdepipan så väl som i kinesernas urgamla sjeng kunna iakttaga.

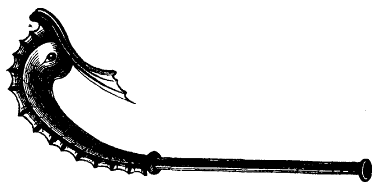


Fig. 466. Keltisk trumpet.

Hela serien af blåsinstrument låter sålunda dela sig i tre hufvudklasser: sådana som endast gifva en enda ton, vare sig att de förete öppna eller täckta pipor, och som vi finna representerade i orgeln; sådana som, medan rörens längd förblir den samma, genom olika blåsning gifva flera toner, såsom trumpeten, valdhornet m. fl., hvilka ha kittelformiga munstycken, och slutligen sådana, i hvilka den olika tonhöjden för hvarje gång åstadkommes genom den vibrerande luftpelarens förlängning eller förkortning. De sistnämda åter äro till sin natur mycket olika, allt efter som förändringen i vibrationen åstadkommes genom en verklig förändring af rörets längd eller genom sidohål. En fortsatt betraktelse för oss sålunda in på flera olika vägar, och vi skola nu undersöka de särskilda instrumenten, åtminstone de vigtigaste af dem, hvart för sig.

Trumpeten och hornet. De äldsta blåsinstrumenten voro alla af det slag, att endast några få noga bestämda toner genom dem kommo till användning, således antingen öppna rör, som blott kunde gifva en enda ton, eller sådana, som medelst tonhål medgifva en viss omvexling. Till de sistnämda höra utan tvifvel de instrument, hvilka man i forntiden gaf namn af flöjter; dock få vi ej under detta namn tänka oss våra nu varande tvärflöjter, utan snarare instrument, som till konstruktion och behandling mera öfverensstämde med våra klarinetter och oboer.

*) Likbetydande med syrinx (fistula panis). Ett liknande instrument är papagenopipan i operan Trollflöjten.

Trumpeten och hornet, i sina ursprungliga former identiska, tyckas i sina naturliga modeller, hvilka förefunnos i muslan, oxhornet m. m., kunna göra anspråk på den högsta ålder. Vi finna i Iliaden stridsbullret jemfördt med klangen af trumpeten (salpinx), och om vi också ej ha några bildliga framställningar qvar från denna tid, tillåter oss dock åskådligheten i sådana jemförelser att göra oss en föreställning om instrumentets natur. Redan grekerna begagnade till sina trumpeter utom raka rör äfven böjda, ty det utöfvar ej något inflytande på tonens egendomlighet, om luftpelarens vibrationer ske i rät linie, eller om de ha en bågformig väg att genomlöpa. Från munstycket vidgar sig röret koniskt och utlöper slutligen i en kretsformig utgång af mer eller mindre betydligt omfång. I senare tider skilde man efter den yttre formen mellan olika instrument, och de erhöllo allt efter denna en olika användning. Med de långa, raka trumpeterna t. ex. kallades folket till offer. Den främre, vida öppningen, klockstycket, gaf man olika gestalt, till och med, såsom på den keltiska trumpeten, carnon eller carnix (fig. 466), formen af fantastiska djur. På Trajanus' kolonn i Rom finna vi många dylika instrument afbildade. Den paflagoniska trumpeten slutade i ett oxhufvud, den mediska i ett slags klocka, äfvenså den etruriska. Romarna begagnade trumpeten, som hos dem ofta erhöll en böjd form, påminnande om våra valdhorns, i krig och kallade honom tuba. Våra nu varande jagthorn, hvilka äro nästan kretsformigt böjda, så att de gå under den blåsandes venstra arm och med sitt klockstycke sträcka sig öfver hans hufvud och nära på till munstycket, erinra ännu om en då bruklig form (lituus), som i synnerhet begagnades af rytteriet. En basrelief i Pompeji visar oss en sådan lituusblåsare eller buccinator (fig. 468), som med sitt instrument tillkännager det ögonblick, då gladiatorerna skulle öfvergå från striden med vapen till knytnäfskampen. En dylik framställning förekommer på en gem i berlinmuseet.



Fig. 467. Romersk tubablåasre.



Fig. 468. Romersk buccinator.

Den lysande klangfärgen hos alla hit hörande instrument gör dem företrädesvis användbara till offentligt bruk. Det var hos romarna en företrädesrätt för högt stående personer att begrafvas under trumpetskall. Mannen af folket måste nöja sig med flöjtspel. Ennius skildrar det majestätiska i instrumentets toner i sin berömda hexameter:

At tuba terribili sonitu taratantara dixit,

och Virgilius uti

At tuba terribilem sonitum procul ære canoro.

I Egypten tillskref man Osiris trumpetens uppfinning, och vi finna på gamla monument en mängd framställningar, hvilka visa oss detta instruments bruk så väl i krig under truppernas marsch som till signaler och folkets sammankallande. I Egypten blefvo hebreerna bekanta med trumpeten, hvilken de i sina religiösa ceremonier gåfvo en stor rol. "Gör dig två trumpeter af fint silfver, att du må bruka dem till att sammankalla menigheten och när hären skall bryta upp; presterna, Arons söner, skola blåsa uti dem", heter det i Moses' fjerde bok, och vid Jerikos stormning synas äfven trumpetlika instrument, hvilka kallades koherim, emedan de voro förfärdigade af oxhorn, ha begagnats. Den raka formen hos dessa instrument förskrifver sig sannolikt från en mycket gammal tid; vi finna honom nästan uteslutande använd på monumenten. De i en halfcirkel böjda formerna träffa vi först hos egypter och lyder.

Kineserna begagnade kopparinstrument, hvilkas uppfinning de förlägga till Fuhis tid, 2950 f. Kr. Fig. 469 ger en afbildning af det berömda gyllene hornet, ett metallinstrument med konstrikt utsirad yta. Hos inderna finna vi äfven dylika instrument redan från de äldsta tider omnämda, och om än bland olika folk formen allt efter olika estetiska begrepp småningom förändrats och derigenom så väl som genom användningen af annat material slutligen icke allenast utseendet, utan äfven klangverkningen undergått så stora vexlingar, att de olika formerna ofta endast ha föga gemensamt med hvad vi kalla trumpet, är dock principen för alla dessa instrument den samma.

I de trumpetlika instrumenten vibrerar en luftpelare af vida större längd än tjocklek, men genom blåsningens olika styrka kan han tvingas att dela sig i flera vibrerande delar och derigenom frambringa tonerna i den diatoniska skalan. Af denna orsak räkna vi hit icke blott de egentliga gamla trumpeterna, utan äfven hornet, d. v. s. den form deraf, hvilken genom sitt tyska namn valdhorn (skogshorn) hänvisar på sin ursprunglighet.



Fig. 469. Det gyllene hornet.

Då de första toner, man kan frambringa på sådana instrument, ligga mycket långt ifrån hvarandra, och den andra är vid pass en oktav, den tredje en duodecima och den fjerde två oktaver högre än grundtonen, äro de oktaver, hvilka ligga hvarandra nog nära för att tillfredsställa alla musikaliska fordringar, redan toner af en mycket hög ordning, och för att frambringa dem i önskvärd renhet och styrka måste man, som sagdt, gifva röret en mycket stor längd. Valdhornet har en rörlängd af 20 fot och stämmer i $\overline{Es}$. Denna ton begagnas dock icke, men väl de högre tonerna *Es*, *B*, *es*, *g*, *b*, *des'*, *es'*, *f'*, *g'*, *as'*, *a'*, *b'* o. s. v. Denna rörets stora längd

betingar den spiralartade formen, hvilken visserligen vid tillverkandet förorsakar betydliga svårigheter.

Det skulle knapt vara möjligt att hoplöda en lång bleckremsa till ett rör, sådant som valdhornets eller trumpetens, utan att det sloge sig i veck och bucklor, hvilka utöfva ett mycket skadligt inflytande på tonen. Detta förekommes dock derigenom, att man först gör ett rakt rör och öfver allt på det omsorgsfullaste hoplöder och uthamrar det, derefter fyller det med smält bly och, sedan det kallnat och bildar en enda sammanhängande massa med röret, böjer detta i de spiraler, man vill hafva. De ojemnheter, som dervid uppstå, kunna lätt undanrödjas med en hammare. Slutligen smälter man åter ut blyet genom upphettning.

När man talar om de äldre krökta hornen, menar man företrädesvis sådana, som äro böjda i en halfcirkel. I buffelhornet, jägarhornet och det nu varande engelska buglehornet (af bugle, vild oxe) ha sådana gamla former ännu bibehållit sig. Böjningarna i cirklar och ellipser äro deremot från början af 16:e århundradet i allmänt bruk. Valdhornet infördes i Tyskland i början af förra århundradet från Paris genom den i Böhmen bosatte och genom sitt besynnerliga lefnadssätt bekante grefve Franz Spork.

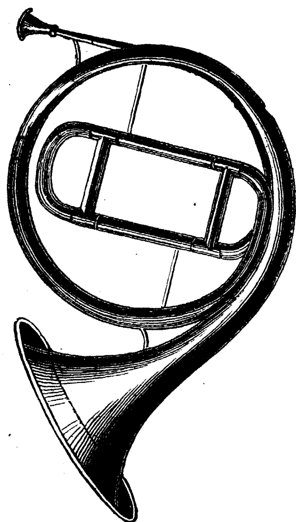


Fig. 470. Valdhornet.

I musiken spela blåsinstrumenten af metall utan sidohål en mycket stor rol. Ända till Händels tid, då harmonin var mycket enklare och kompositörerna kände ett jemförelsevis ringa antal af orkestrala effektmedel, var det jemte fiolen åt trumpeten, man lemnade melodins ledning. Det var i synnerhet hans klara klangfärg, som gjorde honom egnad dertill. "Trummeten är i handen på en god mästare, som väl och konstrikt kan betvinga honom, ett herligt instrument", säger Michael Prætorius i början af 17:e århundradet. Men sedermera använde man honom mera för hans tonfärgs skull, och hans stämma lades sålunda mera i mellantonerna. Men derigenom har konsten att behandla honom gått afgjordt tillbaka, så att endast få trumpetare i våra dagar kunna motsvara de anspråk, som Händel ännu stälde på honom. I synnerhet tyckes konsten att med lätthet kunna frambringa högre trumpettoner till den grad ha gått förlorad, att redan Mozart vid instrumenteringen af Händels Messias måste fördela trumpetpassagerna på flera olika instrument.

Den fortgående utvecklingen af den harmoniska musiken, hvilken ej kan nöja sig med den diatoniska skalan, måste leda till försök att efter behag kunna förlänga eller förkorta luftpelaren inom instrumentet och derigenom frambringa de mellanliggande kromatiska tonerna. Hvad valdhornet angår (fig. 470), kunde man visserligen genom att införa handen i dess mycket stora

klockstycke till en viss grad förändra tonernas höjd och djup (stopptoner), men med trumpeten lät detta sig icke göra, och man måste på annat sätt söka uppnå detta ändamål. För att ändra instrumentets grundton, t. ex. förvandla *C*-hornet till ett *Es*-horn, *F*-horn o. s. v., anbragte man infogade stycken, s. k. böglar, hvilka fästes under munstycket och förlängde röret i motsvarande mån. Enligt Prætorius fans det omkring år 1600 endast en enda "trummet, vulgo fälttrummetarnas tarantara i *d*". "Endast för några år sedan", skrifver han år 1619, "har man vid några furstars och herrars hof förlängt dem på mensuren eller ytterligare derpå fäst en bögel, så att de stämt sin bas en ton lägre in modum hypojonicum." Emellertid halp detta endast då, när en ändring inträdde i hela tonarten; de halftoner, som saknades inom henne, kunde naturligtvis ej derigenom åstadkommas. Detta mål uppnådde man först genom de rörliga dragstängerna, hvilka lufttätt gingo in i hvarandra och vid utdragandet förlängde den vibrerande luftpelaren, men vid hopskjutningen förkortade honom och höjde grundtonen. På detta sätt utvecklade sig ur trumpeten basunen. I principen äro båda instrumenten fullkomligt lika, och om i basunen rörens inbördes ställning fixeras, är han i sjelfva verket endast en trumpet af större rörlängd och derför af en lägre grundton.

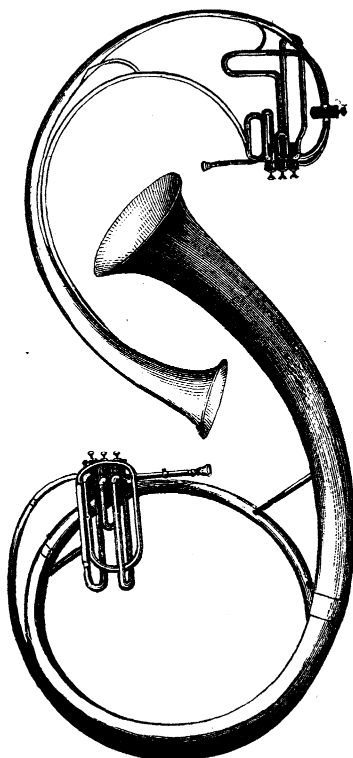


Fig. 471. Ventilhorn, tillverkade af A. Sax i Paris.

Äfven på valdhornet sökte man tillämpa denna ide, och de s. k. inventionshornen, hvilka Anton Joseph Hempel i Dresden uppfann 1754, äro det första exemplet härpå. Emellertid var pipornas rörelse allt för trög, hvarför man åter afstod derifrån, så mycket hellre som Clagget i England i slutet af förra århundradet och Heinrich Stötzl från Pless i öfre Schlesien 1815 stälde instrumentets hufvudrör i samband med flera deruti mynnande birör och derigenom, att ingångarna till det samma efter behag kunde öppnas medelst ventiler, gåfvo den vibrerande luftpelaren en motsvarande större längd.

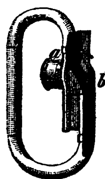


Fig. 472.

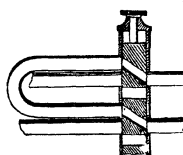


Fig. 473.

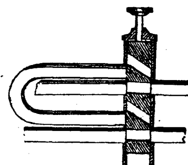


Fig. 474.

Ventilérna justerades med fingrarna. Först anbragte Stötzl på sitt horn blott två sådana ventiler, af hvilka den ena stämde luftpelaren precis en half

ton lägre och sålunda redan lät den kromatiska skalan framrycka ända till *gis*. För att äfven uppnå *gis* måste ännu en tredje ventil införas. Detta skedde år 1830 genom Müller i Mainz, och dermed var ventilhornet i sin nu varande form uppfunnet.

Den mekanik, hvarmed de olika rördelarna sättas i samband med hvarandra, är af olika slag. På de tyska instrumenten bestod hon hufvudsakligen af en dubbelt genomborrad kran, sådan vi redan i beskrifningen af luftpumpen lärt känna, och fig. 472 visar oss det sätt, hvarpå det inre sambandet mellan rören är anordnadt. Kranens omvridning åstadkommes genom en tangent, hvilken fästes i rät vinkel mot hans axel och anslås med fingret. Men lätthet i rörelse och fullkomlig lufttäthet kunna på detta sätt endast med svårighet åstadkommas, och Meifried i Paris ville derför i stället för tappar, som vridas omkring, använda ihåliga cylindrar, som röra sig lodrätt, en ide, hvilken Adolphe Sax, hornist och blåsinstrumentmakare i Bruxelles, år 1833 utförde. Det sätt, hvarpå denna mekanik verkar, förtydligas bäst genom afbildning, och vi lemna derför i fig. 473 en genomskärning, der pistongens ställning afstänger sidorören, i fig. 474 en sådan, der genom cylinderns nedtryckande sidorören sättas i förbindelse med hufvudröret, och i fig. 475 en teckning af den inre mekanismen af ett instrument med sex pistonger.

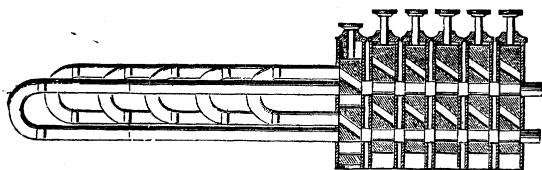


Fig. 475. Instrument med sex pistonger.

Men, såsom man af dessa afbildningar ser, måste luftströmmen, när han passerar pistongens ihålighet, genomlöpa en temligen skarpt bruten väg, hvarigenom icke blott instrumentets behandling försvåras, utan äfven tonens renhet lider. Sax, som emellertid bosatt sig i Paris, förvandlade den kompakta och endast med två trånga dragstänger försedda pistongen till en invändigt ihålig cylinder, hvilken på de ställen, som stodo i förbindelse med de särskilda rören, var genomborrad, och derigenom, att luften här fick ett ojemförligt större utrymme att vika undan, måste tonen äfven blifva mjukare och renare. Figurerna 476—478 visa oss denna inrättning från olika sidor, utifrån, i genomskärning och med cylindern i olika ställningar, så fullständigt, att hvarje ytterligare förklaring är öfverflödig.

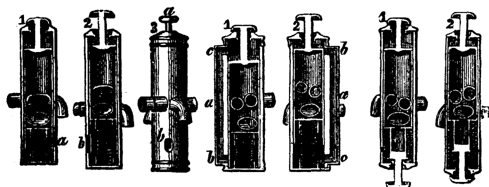


Fig. 476. Fig. 477. Fig. 478.
A. Sax' cylinderinrättning.

Sax har efter sitt system konstruerat nästan alla slags blåsinstrument, och huru rikt på former hans lager är, kunna vi se af teckningarna i fig. 479, som åskådliggöra en del af de saxska blåsinstrumenten. Öfvergångarna från den ena formen till den andra och kombinationen af de egendomligheter, som

tillhöra olika former, gifva instrumenten ett utseende, som har mycket litet gemensamt med den ursprungliga trumpetens eller det gamla hornets. För dessa nya alster har en stor mängd namn uppfunnits, såsom saxhorn, ofikleid, baroxyton, eufonion o. s. v.

Genom en jemförelse skulle våra läsare finna, att de tyska instrumenten på intet sätt stå efter för de saxska. I synnerhet har W. F. Cerveny i

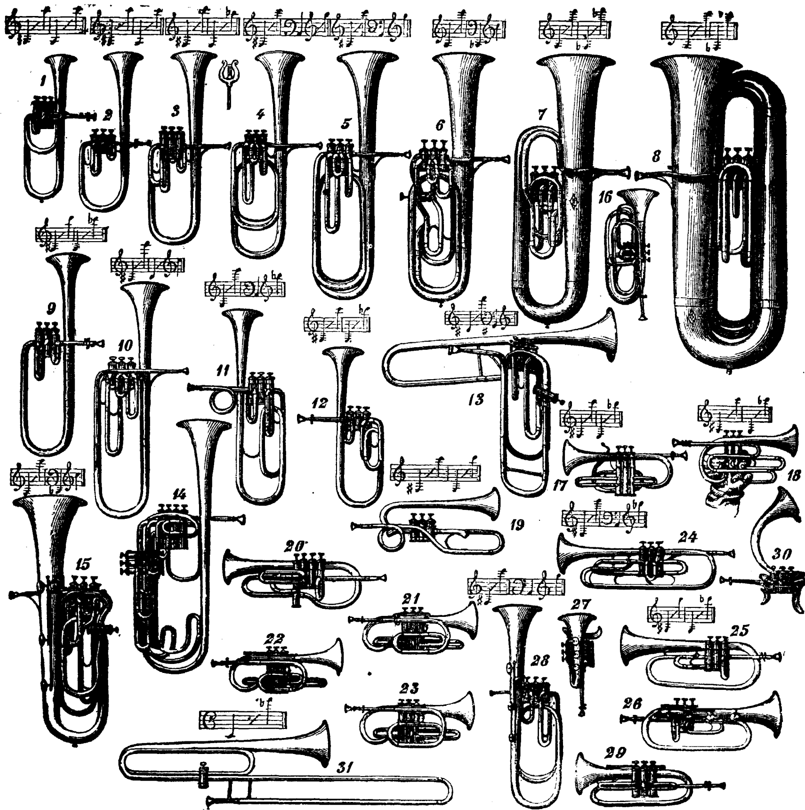


Fig. 479. Metallblåsinstrument af A. Sax i Paris.
1) Saxhorn (skarpt). 2) Sopranhorn. 3) Althorn. 4) Alttromba. 5) Barytontromba. 6) Bashorn. 7) Kontrabas. 8) Grof kontrabas. 9) Kontraalt. 10) Trombone à pistons. 11) Trompette à cylindres. 12) Cornet à pistons. 13) Trombone à pistons. 14) Saxtrombone med sju pistonger. 15) Bassaxhorn. 16—18) Cornet à pistons. 19) Cornet à cylindres. 20) Saxhorn. 21) Cornet à pistons à deux clés. 22) Saxotromba alto à clés et à pistons. 23) Cornet à pistons. 24) Trompette à cylindres. 25—30) Saxhorn och instruments à pistons avec addition de clés. 31) Trombone (basun).

Königgrätz genom ett oupphörligt fullkomnande af sina instrument förvärfvat sig ett berömdt namn. Det var han, som öfvergaf den äldre trånga konstruktionen af alla bleckblåsinstrument, vid hvilken grundtonen alls icke kunde göra sig gällande, och gaf sina instrument en större genomskärning, hvarigenom han gjorde ett rent och fullt anslag af grundtonen möjligt. Detta var så till vida

ett stort framsteg, som instrumentets rör derigenom kunde för låga toner förkortas till hälften.

De tyska instrumentmakarna ha stundom i stället för den saxska cylindern bibehållit kranarna, hvilka, emedan den dubbelt genomborrade kärnan ej är mycket hög, utan mera har formen af en stor skifva eller ett hjul, kallas hjulmaskiner. Öppningen går i kretsform, så att luftpelaren på detta sätt äfven är skyddad för våldsamma skakningar. Hjulet erhöll af Cerveny icke blott två, utan ända till sex öppningar, och han begagnade dylika inrättningar för att omstämma instrumentet. De förut brukliga böglarna, som för hvar gång måste påsättas och aftagas, förenades fast med instrumentet och infogades genom tonvexlingsmekanismens, hjulets, motsvarande ställning i det vibrerande röret.

Klarinetten, oboen, fagotten m. fl. Den vibrerande kropp, som bringar luftpelaren i trumpeten, basunen, valdhornet m. fl. till att ljuda, är menniskomunnens elastiska läppar. De vibrera i det kittelformiga munstycket, och dettas dimensioner äro derför af stor vigt för instrumentets behandlingssätt. Men det gifves äfven en annan klass af instrument, der den vibrerande elastiska kroppen är fast förenad med röret och består af en vibrerande tunga, det s. k. bladet (röret), som genom sina tätt på hvarandra följande slag ömsom sammantrycker och utvidgar den förbistrykande luftströmmen, förtätar och förtunnar honom och på detta sätt framkallar en vågrörelse.

Urtypen för detta instrument finna vi i den ihåliga stjelken af maskrosen (leontodon taraxacum), som barnen tillplatta i ena ändan och på detta sätt förvandla till en pipa. Klarinetten, fagotten, oboen, skalmejan och dylika instrument bestå alla af ett dels cylindriskt, dels koniskt rör, som upptill öfvergår i munstycket med det vibrerande bladet och nedtill till det vidgade klockstycket. Klarinetten har endast en vibrerande tunga, oboen och fagotten deremot två. Klarinettens munstycke är derför till sin icke vibrerande del af större tjocklek, medan de båda andra instrumentens löpa ut i en lång, mycket tunn näbb. De små tungorna (rören) utgöras i dem vanligen af mycket tunnskafdt sockerrör.

Hvarje sådant instrument skulle egentligen, liksom maskrosens stjelk, utom sina öfvertoner, blott hafva en enda grundton. Men då dermed i musikaliskt hänseende vore föga vunnet, har man i rörets trästomme, hvilken ej, som basunens metallrör, lätt skulle kunna förlängas eller förkortas, längs efter borrat åtskilliga hål, genom hvilka, när de öppnas, den vibrerande luftpelaren kommer i förbindelse med den yttre luften och hans längd sålunda kan förkortas. När instrumentet spelas, hållas dessa öppningar, tonhålen, med fingret tillslutna och öppnas efter behag. Hela röret med alla sina öppningar slutna ger den djupaste tonen; öppnas det tonhål, som ligger närmast munstycket, uppstår den högsta grundtonen. Men med dessa toner allena är serien af möjliga och ändamålsenliga effekter icke afslutad; äfven de vibrerande aliqvotde-

larna af luftpelarna kunna användas och framkalla samma följd af öfvertoner som på metallblåsinstrumenten.

Det äldsta instrument af detta slag och kanske äfven det ofullkomligaste är säckpipan. En pipa med flera tonhål är med sitt munstycke inpassad i en lufttät skinnsäck, som genom ett rör kan uppblåsas och genom en tryckning med armen åter tömmas. Den utströmmande luften åstadkommer tonen, och allt efter som armen trycker starkare eller svagare på säcken, bli pipans toner mer eller mindre starka. En liten kapsel, som är skjuten fram öfver munstycket, skyddar detta för skada och tjenar till ledning för luftströmmen. Säckpipan är ett vida utbredt instrument. Från judarna och grekerna kom hon till romarna; i våra dagar spelar hon ännu en rol i nationalmusiken, i synnerhet skottarnas och polackarnas. Skottarna ha fört henne med sig till kolonierna, och i Amerika och Australien är hon temligen allmän. Hennes konstruktion är mycket enkel och ännu den samma som fordom i Grekland, der man förfärdigade henne af ett på köttsidan garfvadt bockskinn, på hvilket man lemnat qvar håret jemte hufvudet och hornen; men alla öppningar måste vara väl igensydda. För öfrigt kunde också hvilken vinsäck som helst användas dertill.


Fig. 480. Tyska musikanter från äldre tider. Efter J. Amman.

Säckpipan är ett instrument för herdar; för högre musikaliska ändamål är hon i anseende till sin torftighet ej särdeles egnad. Icke blott det ringa tonomfånget, utan framför allt omöjligheten att åstadkomma en konstnärlig nyansering af forte och piano måste göra henne olämplig för högre kulturstadier. Hvarje blåsinstrument får först genom menniskomunnen en själ; derför kunde endast de, hvilka omedelbart blåsas med läpparna, under tidens lopp nå en högre fulländning.

Oboen måste likaledes till sin princip räknas till de naturliga piporna, sådana de kunna framställas af den mjuka, i ena ändan plattryckta barken af en ung qvist, och är dermed visserligen också öfver hufvud ett af de äldsta instrumenten. Vi finna hos de gamla grekerna och romarna aulos och tibia, hvilka, att döma af beskrifningen, måste ha varit ofullkomliga oboer. Men skalmejan, chalumeau, herdepipan (af calamus, rör), är att anse som den närmaste föregångaren till instrumentets nu varande form.

Namnet oboe eller hoboe är härledt från det franska hautbois, emedan instrumentet göres af trä och före klarinettens uppfinning ensamt förde melodin. Till sin inrättning består det af ett koniskt rör, som vidgar sig något nedåt. Måste man på de äldsta instrumenten, till hvilka sannolikt äfven de gamlas fistulae och tibiae böra räknas, tilltäppa tonhålen omedelbart med fingrarna, och kunde man enligt sakens natur ej anbringa mer än högst åtta tonhål, måste deremot en väsentlig förändring inträda, då man fann, att tonhålen äfven kunde hållas slutna medelst klaffar och dessa öppnas genom en tryckning med fingret. Man kunde derigenom öka tonhålens antal, och de nu varande instrumenten ha i regeln 16 klaffar. Men derigenom hopade sig också en mängd svårigheter icke endast vid instrumentets behandling, utan äfven vid dess konstruerande, och i sjelfva verket hör en oboe, på hvilken man i deras renhet frambringar alla de toner, man behöfver, ännu till de fromma önskningarnas område. Så många förbättringar man än vidtagit dermed, ges det dock ännu allt jemt en mängd toner, hvilka, dels för höga, dels för låga, den blåsande endast genom hvarjehanda utvägar kan någorlunda rent åstadkomma. Tonhålen befinna sig alls icke på den plats, dit de enligt de fysikaliska lagarna höra, och endast en fullständig omgestaltning af systemet, såsom Böhm på ett helt och hållet rationelt sätt företagit, kan afhjelpa de brister, hvilka virtuoserna på detta instrument endast med stora svårigheter kunnat kringgå*).

Det engelska hornet har till konstruktion och klangfärg den största likhet med oboen. Den egendomliga nästonen förorsakas i båda instrumenten genom användningen af tungor. Det engelska hornets tonomfång är det samma som oboens**), från $\bar{\bar{c}}$ kromatiskt genom $2\frac{1}{2}$ oktaver, men de högre tonerna begagnas icke. Kroppen utgör ej ett rakt rör, utan har något ofvanför midten ett knä. I den äldre musiken bär instrumentet namnet oboe di caccia.

Fagotten eller oboebasen är det tredje instrumentet af denna ordning. Det går från $\overline{B}$ ända till *es''* och har åtta tonhål, om hvilkas ställning det samma, som blifvit sagdt om oboen, gäller, och det i ännu högre grad. Man kan med Schafhäutl kalla fagotten i hans nu varande gestalt det mest ofullkomligt konstruerade instrument, och likväl kan han i anseende till sin herliga effekt ej umbäras. Men hans behandling fordrar också det största mästerskap. Fagottens rör är 8,82 fot långt. Deraf betingades äfven instrumentets böjda form.

De tre sistnämda blåsinstrumenten förekomma dessutom under mångfaldiga modifikationer och i olika storlekar samt betecknas med flera olika namn. På den första utställningen i London fans en kontrafagott af åtta oktavers omfång.

---

*) Theobald Böhm, flöjtist i München, har ej allenast på oboen, utan ock på flöjten, klarinetten och fagotten användt sitt nya system, hvilket äfven medför en lägre stämning enligt den nya normalgaffeln. Instrument efter detta system äro redan införda vid svenska musikkonservatoriet, äfvensom deras införande vid hofkapellet i Stockholm är beslutet (se vidare s. 532).

**) Nämligen i skriften; i stämningen står engelska hornet en qvint lägre än oboen.

Klarinetten är ett jemförelsevis ungt instrument, ty han uppfans först 1696 af Christoph Denner i Nürnberg. Han har blott ett enda vibrerande rörblad, som är längre och starkare än oboens. Rörets diameter är äfven större än i sistnämda instrument, hvarigenom tonen ej blott förlorar sitt näsljud, utan äfven får en större fyllighet.

En egendomlig följd af hans inrättning är, att genom olika ansats de jemntaliga öfvertonerna, hvilka på de öfriga instrumenten lätt kunna anslås, ej framträda, utan i stället den tredje öfvertonen uppträder såsom första medljudande ton, derefter den femte o. s. v. Oktaverna kunna derför ej framkallas medelst samma grepp, hvilken omständighet gjorde anbringandet af ett annat system af tonhål nödvändigt. Ivan Müller, som förbättrade klarinetten, gaf honom 13 klaffar. Detta var tillräckligt för att kunna spela i alla tonarter, men många toner förblefvo likväl orena, och en grundlig omgestaltning skulle

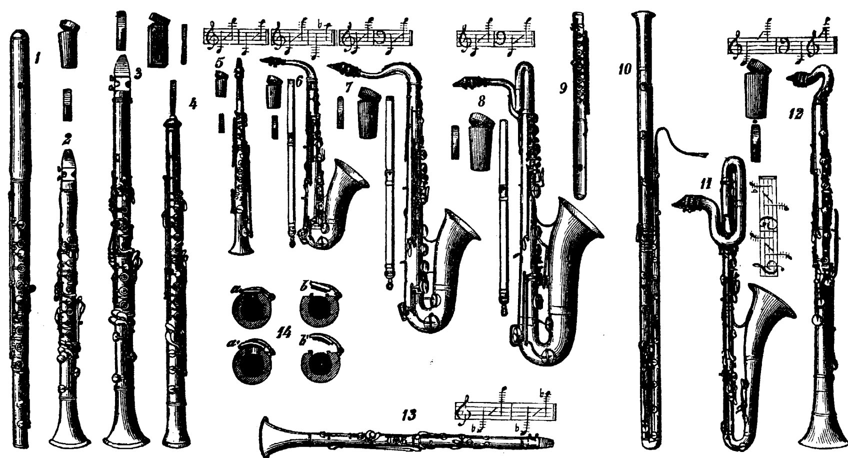


Fig. 481. Saxska klaffblåsinstrument.
1) Flöjt. 2) och 3) Klarinett. 4) Oboe. 5) Saxofon, sopran. 6) Saxofon, alt. 7) Saxofon tenor. 8) Saxofon, baryton. 9) Flöjt. 10) Fagott. 11) Kontrabasklarinett. 12) Basklarinett. 13) Klarinett efter Sax' system. 14) Klaffinrättningar.

för den utöfvande konstnären vara en väsentlig fördel. Förr begagnade man inom musiken ett större antal klarinetter, hvilka man vid ombyte af tonarter måste ombyta. Nu begagnar man vanligen endast *B*-, *A*- och *C*-klarinetter, nämligen i orkestern; i militärmusiken förekomma äfven *d*-, *e*-, *es*-, *f*-, *g*- och *as*-klarinetter.

Klarinettens klangfärg står i samband med bortfallandet af de jemntaliga öfvertonerna. Analyserar man nämligen en klarinetton, t. ex. *C*, finner man honom ej vara sammansatt af sina naturliga öfvertoner C c' g' c'' e'' g'' b'' c''' d''' e''' o. s. v., såsom fallet ännu är med oboen, der endast tonerna c' c'' g'' c'' o. s. v. klinga svagare än de mellanliggande, utan klangen består endast af tonserien C g' e'' b'' d''' o. s. v. Klarinettens munstycke har för öfrigt på senare tid anbragts på en mängd instrument, hvilka i sin konstruktion mera likna

vissa messingsinstrument, och derigenom har musikapparaten äfven på detta område ernått en rikhaltighet, som bäst åskådliggöres genom den här bifogade afbildningen (fig. 481) af de saxska instrumenten.

Flöjten. Ett till sättet att frambringa toner nytt slag af instrument är det, der luften i rörets inre ej genom vibrerande, elastiska kroppar, utan genom sin återstudsning från motstående kanter ömsom förtätas och förtunnas, hvarigenom den dermed sammanhängande luftpelaren försättes i svängning. En ihålig nyckel, hvari vi blåsa, visar oss den enkla form, som i den gamla panflöjten på det mest ursprungliga sätt träder oss till mötes. De instrument, som grunda sig på denna princip, kalla vi flöjtartade. Med dem få vi dock ej förvexla de antika instrument, som man betecknar med namnet flöjt. Enligt den gamla myten skulle Pallas Atene ha bortkastat den af henne uppfunna flöjten och förbannat hvar och en, som åter upptoge honom, emedan gudinnan, utskrattad af Juno och Venus, först i en källa vid foten af Ida upptäckt, huru löjlig och ful de vid instrumentets spelande uppblåsta kinderna gjorde henne. Redan denna myt borde vara tillräcklig att öfvertyga fornforskarna om, att det instrument, som de gamla betecknade med ordet aulos, alls icke får förvexlas med vår flöjt. Men ännu mera borde det ofta omtalade förhållandet, att de gamla virtuoserna, för att vid flöjtblåsningen ej spräcka kinderna, ombundo dem och munnen med en skinnrem, leda till den förmodan, att de gamlas aulos måste ha haft mera likhet med vår oboe eller med klarinetten. I sjelfva verket se vi äfven på gamla afbildningar den s. k. flöjten utgöra ett koniskt instrument, försedt med tre till fem tonhål och i nedre ändan ofta med ett klockstycke.

I sin nu varande form synes flöjten vara en tysk uppfinning, som leder sitt ursprung från den s. k. schweizarflöjten. Regementsmusiken utgjordes i äldre tider af trumslagare och pipblåsare. De sistnämda blåste på cylindriska instrument, hvilka i början endast hade sex tonhål. Det sjunde hålet för tummen tillkom först senare, och det åttonde tillades af den berömde flöjtvirtuosen Quanz. Flöjtens princip är således ofantligt enkel, och deruti ligger orsaken till den rena, fina tonen, som dock visserligen har någonting vekt, hvarför instrumentet också företrädesvis var omtyckt under den sentimentala gessnerska perioden. Men för den musikaliska användningen medför denna konstruktionens enkelhet ej obetydliga hinder, ty då man med blott åtta tonhål måste frambringa en serie af minst några och tretio toner, blifva äfven här genom sättet att behandla instrumentet de akustiska förhållandena så invecklade, att tonerna ej allenast lätt blifva orena, utan äfven deras frambringande för den spelande medför stora svårigheter. Flöjtens förfärdigande måste derför äfven betraktas som en af instrumentmakeriets svåraste uppgifter, och i sjelfva verket ha de problem, som härvid framställa sig, först i nyare tid genom Böhm i München blifvit lösta. Böhm ökade tonhålens antal, i det han anbragte fjorton sådana, från *c′* till *c″*, och förlade dem just på det ställe, der de enligt beräkning måste ligga, samt gaf dem en så stor diameter som möjligt. Det

senare var i synnerhet nödvändigt för att oskadliggöra den bortom tonhålet liggande nedre flöjtdelens och den deruti inneslutna luftpelarens medverkan, ty ju mindre den öppning är, genom hvilken den inre luftpelaren står i förbindelse med den yttre, desto ofullständigare uppnås den afsigt, enligt hvilken flöjten skall framställa en öppen pipa, som räcker till den punkt, der tonhålet befinner sig. Då dessa tretton tonhål naturligtvis hvarken kunde nås med fingrarna eller alla tillslutas, betäckte Böhm dem med klaffar, för hvilkas öppnande han anbragte en särskild mekanism.

På flöjter efter de äldre systemen voro tonhålens antal, anordning och storlek betingade af handens bygnad. Men då nu lagarna för en vibrerande luftpelare ej kunna ändras efter sådana förhållanden, måste man, till stor skada för klangverkningen, afvika från den enkla formen, och flöjten hade slutligen blifvit en högst invecklad kombination af koniska och cylindriska rördelar, full af fel och brister, som det fordrades ett stort mästerskap att i någon mån kunna afhjelpa. De felande halftonerna frambragtes genom alldeles egendomliga hjelpmedel, så att man t. ex. kombinerade verkningen af två bredvid hvarandra liggande tonhål och sålunda nödtorftigt höjde eller sänkte en ton med en lika stor intervall som den saknade.

Det förstås af sig sjelft, att tonen på detta sätt måste förlora betydligt till sin qvalitet. Böhm deremot gjorde sig oberoende af dessa olägenheter, i det han ombildade flöjten till en enkel akustisk apparat, hvars verkningar på det noggrannaste kunde beräknas. Han skilde klaffarna från gripplåtarna och ordnade de senare på ett för handen beqvämt sätt på en längdaxel, från hvilken de öppna och tillsluta tonhålen medelst lagom långa, böjda häfstänger. Men dessutom gaf han alla delarna den största fulländning i utförandet.

Det böhmska systemet har på senaste tiden funnit allt större uppmärksamhet. Det har af uppfinnaren sjelf med lika utmärkt framgång användts på de öfriga instrumenten, i synnerhet träblåsinstrumenten, och det är att hoppas, att det slutligen skall helt och hållet undantränga de äldre inrättningarna. I Frankrike har man redan nästan uteslutande upptagit det, och den utvidgade användningen har ledt till en stor mängd konstruktioner af klaffinstrument. I fig. 481 lemna vi en teckning af några af de intressantaste ibland dem, som 1862 voro af Sax utstälda i London.

Tunginstrumenten höra egentligen till de i principen enklaste musikaliska instrumenten, ty tonen frambringas direkt genom elastiska metallstafvars vibrationer och är således för hvarje tunga en noga bestämd, som ej förändras genom olika behandlingssätt och, i likhet med den vibrerande luftpelaren, kan bringas att utveckla den bekanta serien af öfvertoner. Vanligen äro tungorna af stål och sättas af en luftström i svängning.

Dessa svängningars hastighet, tonens höjd, beror af tungans spänning (styfhet) och vigt. I mån af den förra blir tonen högre, i mån af den senare lägre. Genom den svängande delens förkortning eller förlängning kan man således ändra tonen, och för att göra detta begagnar man sig vanligen af ett

skjutbart stämstift, som fast ligger an mot tungan och bestämmer hennes svängningslängd; men denna förändring är enligt sakens natur icke en sådan, som kan företagas under spelandet. Hon är dessutom endast inom vissa gränser möjlig och derför endast användbar för tungornas stämning sins emellan. Af svängningarnas vidd beror tonens styrka, och denna är sålunda en följd af den vibrerande tungans större eller mindre utslag i förhållande till den inverkande luftströmmens styrka.

Mungigan består visserligen blott af en enda elastisk metalltunga, och likväl kunna dermed mycket olika toner frambringas. Detta tyckes stå i strid med det nu sagda, men låter dock mycket lätt förklara sig. Fjädern har visserligen i sjelfva verket blott en enda bestämd ton, men det är ej denna ton, som användes, utan endast den i munnen svängande luftpelarens, och mungigans verkan beror således på en annan princip.

Anslår man en stålstaf, och som en sådan kunna vi anse tungorna, klingar han i och för sig mycket svagt. Hans ton kan förstärkas derigenom, att man sätter honom i förbindelse med en resonansbotten, och vidare äfven derigenom, att man håller honom öfver en på sidorna tillsluten luftpelare, hvars längd motsvarar samma svängningshastighet. Anslår man t. ex. en stämgaffel, hör man först endast de skrällande öfvertonerna, men håller man hans svängande skänglar öfver öppningen af en flaska och genom att hälla vatten deruti ger luftpelaren vederbörlig längd, försättes äfven denna genom metallmassans oscillationer i svängning, och en ton blir tydligt förnimbar. Men nu kan man ej blott göra en enda, den lika hastigt som stämgaffeln vibrerande tonen, förnimbar, utan äfven alla de toner, hvilkas svängningar sammanfalla med stämgaffelns första, andra, tredje, fjerde o. s. v. utslag, således i första rummet oktaven, derefter qvinten, duodeciman, sexten o. s. v. Men alltid måste dessa toner ligga djupare än de svängningar af stålstafven, som uppväcka dem, och tvärt om, liksom vid messingsinstrumenten den svängande luftpelarens grundton måste vara mycket djup, om öfvertonerna skola ligga hvarandra nog nära för att vara musikaliskt användbara, måste här, om genom en svängande stålstaf en serie af användbara undertoner skall frambringas, antalet af dess svängningar vara mycket stort.

Med mungigan är detta förhållandet. Dess fjäder svänger mycket fort. Den luftpelare, som deraf sättes i rörelse och frambringar den hörbara tonen, är den af munhålans och luftstrupens väggar inneslutna luften, och genom deras sammandragning eller utvidgning göres hon, liksom luften i flaskan genom påfyllning eller uthällning af vatten, lämplig för anslående af de mest olika toner. De flesta mungigor, många millioner, förfärdigas i staden Steier.

Munharmonikan deremot företer olika stämda metalltungor, så anbragta i en skifva, att de fritt kunna slå igenom dennas öppningar och således råka i svängningar, om de genom en luftström drifvas ur sin jemvigt. Men för att de hvar för sig skola kunna bringas att ljuda, befinner sig hvarje tunga i en särskild cell, i hvilken man kan blåsa in luft. I stället för en tunga äro

vanligen två anbragta jemte hvarandra, af hvilka den ena slår utåt, den andra inåt, så att instrumentet sålunda tonar, så väl när luften blåses in, som när hon uppsuges genom det samma. Tonen frambringas här uteslutande genom den elastiska tungan sjelf, och skifvan, i hvilken tungorna ligga, verkar på sin höjd förstärkande. Ett vida fullkomligare instrument är dock

Fysharmonikan, äfven kallad harmonium, eolodikon, serafin m. m. Hon uppfans omkring 1820 af en räntmästare Eschenbach i Königshofen vid Saale i Sachsen och var i sin ursprungliga form ett tangentinstrument med en blåsbelg, som trampades med fötterna och från hvilken små luftkanaler ledde, som genom tangenternas nedtryckande öppnade sig och framför hvilka de stämda ståltungorna anbragtes. Så behaglig än den effekt var, som kunde frambringas med dessa instrument, hvilka snart erhöllo en vidsträckt spridning och undergingo många förbättringar, visade sig dock en olägenhet, som verkligen var störande och mycket inskränkte deras användning. Tungorna råka nämligen ej i det ögonblick, luftströmmen träffar dem, i fullständig svängning, ty det förgår alltid någon tid, innan tonen uppnår sin fulla styrka, och om också denna gradvis skeende stegring för många musikstycken kan vara af en mycket vacker effekt, är dock för alla snabbare passager intoneringen ej tillräckligt precis. En viss Martin i Paris förenade derför med nämda mekanism äfven ett hammarverk af samma slag som pianots, så att luftströmmen endast behöfver underhålla de redan genom hammarslagen framkallade svängningarna. Dessa instrument kallas orgues à percussion. Men dessutom förenade man dermed ännu många andra anordningar. Man lät luftströmmen genom jalusiartade klaffar småningom förstärkas eller försvagas, man riktade kanalerna så, att de olika tungorna genom en tangent bragtes att stämma med hvarandra, hvarigenom klangfärgen väsentligt förändrades, man ökade blåsbelgarnas antal till två, en för hvardera foten, och gaf dem derjemte äfven en särskild väderlåda o. s. v., så att de nu varande fysharmonikorna, i synnerhet de, som förfärdigas af Schiedmayer und Söhne i Stuttgart, höra till de utmärktaste musikaliska uttrycksmedel.

Dragharmonikan eller ackordion är en fysharmonika i smått, hvars blåsbelg sättes i rörelse med handen. Hennes yttre inrättning är så bekant, att vi derom ej behöfva säga någonting. Tungorna ligga i de båda starka skifvorna, hvilka upp- och nedtill afsluta den i parallela veck sig hopdragande blåsbelgen. Öppningarna i belgskifvorna äro precis lika stora som tungorna, så att bredvid dessa ingen luft kan komma fram. Men derjemte äro tungorna fästa på sådant sätt, att de kunna slå ut åt båda sidor och intonera så väl vid blåsbelgens hoptryckning som utdragning. De särskilda väderledningarna öppnas genom tangenter, som ha formen af små knappar.

I England har dragharmonikan blifvit fullkomnad af Wheatstone, som utbytte den fyrkantiga formen mot en åttkantig, vidgade tonomfånget ända till tre oktaver genom den kromatiska skalan, lät förfärdiga de inre beståndsdelarna med största möjliga noggranhet och gaf det sålunda skapade verket namnet concertina. Det har dock ej för oss större intresse än dragharmo-

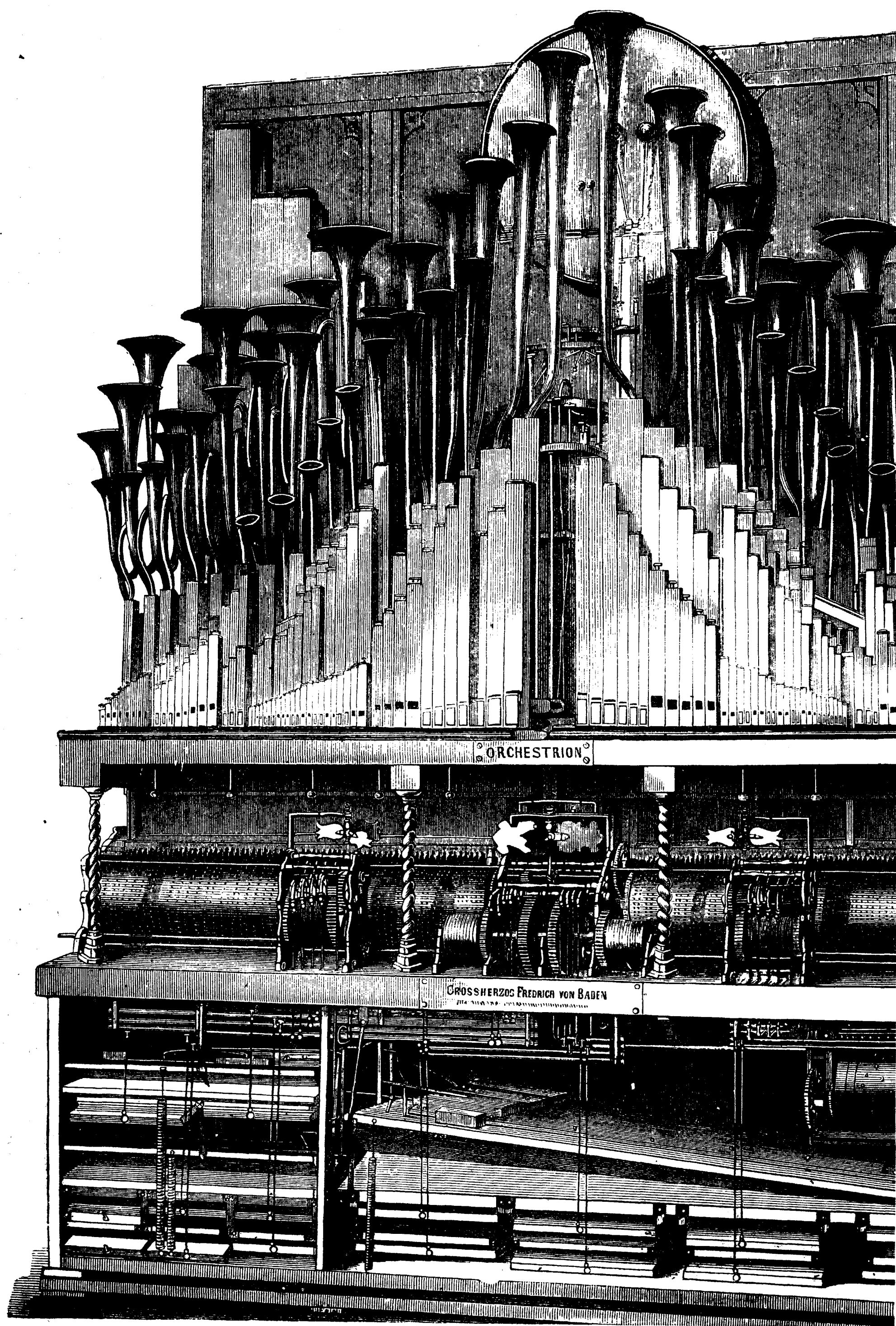


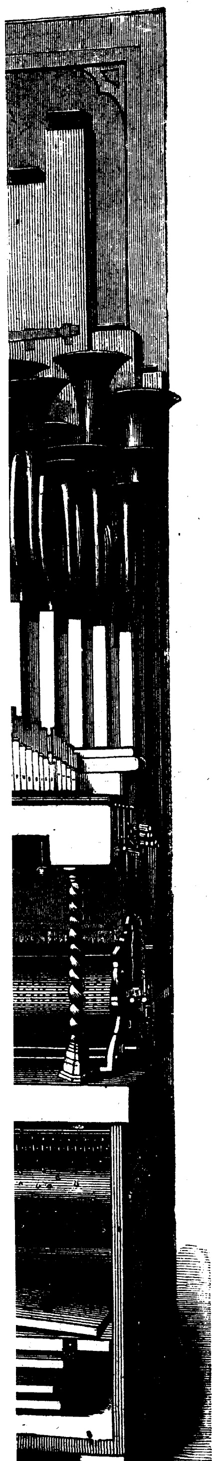
Fig. 482. Automatiskt spelverk af M. Welte i Vöhrenbach. Internationela utställninge

nikorna, hvilka i synnerhet i Wien och Chemnitz tillverkas fabriksmässigt i stort antal och till pris från 2 ända till 80 rdr stycket.

I alla dessa instrument, fysharmonikan så väl som dragharmonikan, tjenar den skifformiga ramen, hvari tungorna äro insatta, till resonansbotten. Tungorna ha en jemförelsevis ringa massa.

Spelverk, speldosor m. m., hvari de elastiska tungorna ej af en luftström försättas i svängning, utan der de medtagas af stift, som äro fästa i en roterande vals, och genom det plötsliga återstudsandet tona, ha ingen särskild ram. Tungorna hänga tillsammans och äro genom såginskärningar skurna ur en snedformad stålplåt. För att stämma dem för de lägre tonerna fastlödas nedom spetsen små blykulor, hvarigenom den vibrerande massans vigt ökas. Men på det ej efter en hel omvridning af valsen tungorna åter må träffas af stiften i samma ordning, flyttar sig valsen under sin omvridning tillika åt sidan, och stiften slå derför för hvar gång mot tungspetsar, hvilka förut passerade obehindradt igenom mellanrummen mellan de särskilda taggarna. Större musikstycken kunna derför endast utföras sålunda, att man anordnar stiften på valsen spiralformigt och lemnar ett tillräckligt mellanrum mellan de särskilda tungorna, så att till och med efter åtta eller tio omvridningar ett stift, som en gång slagit an, ännu ej berör nästa tunga. Då sålunda valsen och urverket, som sätter honom i rörelse, i dessa instrument äro hufvudsaken, hör deras förfärdigande mera till urmakeriets än instrumentmakeriets område, och vi måste derför här afhålla oss från att ingå i några enskildheter rörande detta ämne.

Emellertid måste vi dock här omnämna de automatiska spelverken, hvilka likaledes sättas i rörelse genom sådana spelvalsar, men ej blott genom elastiska metalltungor frambringa tonen, utan äfven förete en ofta mycket invecklad kombination af alla möjliga klangkroppar. Dessa äro de s. k. orkestrierna, genom hvilkas uppfinnande och fullkomnande i synnerhet Alexander Kauffmann i Dresden, M. Blessing och M. Welte i Vöhrenbach i Schwarzwald förvärfvat sig ett stort rykte. Den sistnämde hade till 1862 års utställning skickat ett orkestrion, hvilket tyska tullföreningens referent, den berömde pianisten professor Ernst Pauer i London anser för det fullkomligaste, som hittills i denna väg åstadkommits. Vi meddela här (fig. 482) en teckning, som kan gifva en föreställning om detta högst intressanta arbete. Dess maskin hade två urverk, som sattes i gång medelst tyngder. Stiften voro spiralformigt för-


ndon 1862.

delade på valsen i åtta omgångar. Med de härigenom berörda 186 tangenterna sammanhängde nu de olika tonkällorna, hvilka i mångfaldiga sammansättningar efterbildade de olika instrumentens klangfärg. 524 pipor, fördelade på 15 register, återgåfvo följande instrument: flöjt, fugara (oktav), piccolo, oboe, trumpet, horn, fagott och basun. Dessutom funnos här en stor trumma med en stark trumpinne, en liten militärtrumma, trianglar och turkiska bäcken. Luftströmmen åstadkoms i tre särskilda blåsbelgar. Noterna till ett musikstycke voro inslagna på 3 valsar, så att af de 39 valsar, som tillhörde verket, 13 stora musikstycken kunde utföras.

Positivet är blott en af dessa apparater, hvilka ej i egentlig mening kunna räknas till de musikaliska instrumenten, då deras behandling alls icke förutsätter någon musikalisk bildning. De finna derför förnämligast afsättning i sådana länder som Ryssland, hos hvars på långa afstånd spridda, men dock genom resor med kulturen bekanta befolkning åtrån efter musikaliska njutningar är större än möjligheten att förskaffa sig den utbildning, som fordras för att kunna tillfredsställa detta behof.

Orgeln, det mest storartade bland alla musikinstrument, stöder sig, sådan han nu är, på samtliga de erfarenheter, alla de andra musikinstru-

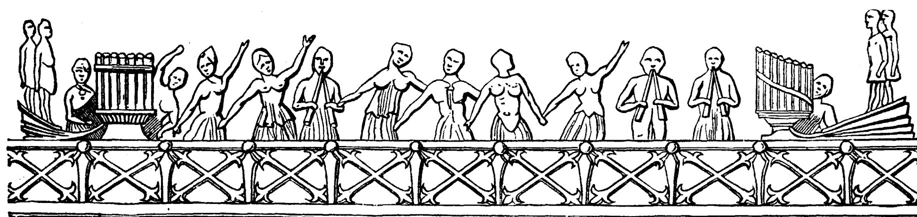


Fig. 483. Väderorgel från 4:e århundradet; efter en skulptur i Konstantinopel.

menten hvart för sig lemnat. Då han har till uppgift att gifva musikaliska ideer det fullständigaste och högsta uttryck och ensam åstadkomma, hvad eljest alla de särskilda instrumenten med hvar sina egendomligheter söka i förening uppnå, måste man äfven vid hans byggande taga i beräkning alla de särskilda effekter, hvarigenom dessa olika musikaliska uttrycksmedel skilja sig från hvarandra. Att uppnå dessa klangverkningar är orgelbyggarens svåra uppgift, och då hjelpmedlen dock endast äro inskränkta — ty med den i rörelse satta luftström, som från blåsbelgarna genom väderledningarna föres till piporna, skall man ej blott efterhärma alla blåsinstrumentens, utan äfven stränginstrumentens effekter — måste ett orgelverk, sådant som det Walcker i Ludwigsburg bygt i Ulms domkyrka, aftvinga oss den högsta beundran.

Namnet orgel härrör från organum, organon, hvarmed latinska och grekiska språken ursprungligen betecknade hvarje verktyg och instrument, sedermera särskildt de musikaliska och slutligen en viss klass af blåsinstrument. Man har derför velat tillägga orgeln en mycket hög ålder och i den i många gamla skrifter ofta omnämda vattenorgeln, hvilken redan de gamla grekerna

kände, se det instrument, hvarutur vår nu varande orgel framgått. Men en tillfällig likhet i benämningen kan, i synnerhet då hon endast härrör från en i sjelfva saken för det mesta okunnig öfversättare, ej gälla som något bevis på begreppens öfverensstämmelse, och någon annan hållpunkt har man här i sjelfva verket icke. Ty ehuru några försökt att efter de beskrifningar, Vitruvius, Heron och andra gifvit af vattenorgeln, efterbilda ett sådant verk, har det dock aldrig lyckats att komma under fund med den verkliga konstruktionen af detta instrument, som benämnes organum hydraulicum.

Emellertid tyckas redan mycket tidigt musikaliska instrument varit i bruk, i hvilka blåsbelgar och metallpipor voro förenade. Eginhard uppgifver, att år 826 en veneziansk prest konstruerat en vattenorgel, och den sista, som omtalas, skall ännu i 12:e århundradet ha funnits i Malmesbury i England. Emellertid gafs det redan på den tiden pneumatiska orglar, och af dessa måste sannolikt redan mycket tidigt de otympliga vattenorglarna blifvit utträngda.

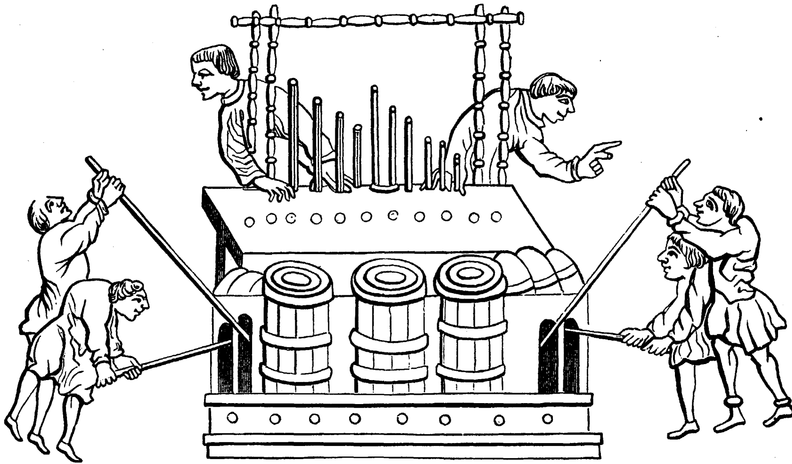


Fig. 484. Stor orgel med väderlåda.

Om en sådan pneumatisk orgel ger Hieronymus (331 till 420) en beskrifning, som får en intressant bekräftelse af skulpturarbetena på en i Konstantinopel under Theodosius den store upprest obelisk. Enligt dessa samtida vitnesbörd har denna orgel, hvaraf vi i fig. 483 efter de gamla skulpturerna meddela en teckning, haft femton pipor, två vädersäckar af elefanthud och tolf blåsbelgar "för att härma åskan", såsom den helige Hieronymus uttrycker sig. I vesterlandet tyckes orgeln ej ha kommit i bruk före 8:e århundradet. År 757, heter det, skickade den bysantinske kejsaren Konstantin konung Pipin bland andra skänker äfven en orgel, hvilken väckte det vesterländska hofvets beundran. Karl den store, som af samma monark erhöll ett dylikt instrument, skall efter denna modell låtit bygga flera orglar, hvilka, såsom en munk från S:t Gallen berättar oss, "med sina af belgarnas väder besjälade pipor härmade åskans rullning, lyrans ton och cymbalernas klang". Dessa orglar voro flyttbara och

ännu ej af de stora dimensioner, som de sedermera erhöllo i följd deraf, att de nästan uteslutande begagnades i katolicismens stora domer.

Om vi lemna å sido alla gissningar, måste vi som det äldsta dokument angående orglarna anse en skrifvelse af påfven Johannes VIII till Anno, biskop af Freisingen, hvaruti den senare ombedes att skicka en orgel och en konstnär, som kunde bygga och spela sådana, till Italien. Lemnande derhän, huru vida orgelbyggarkonsten blifvit uppfunnen i Grekland och huru vida det organon, som Pipin eller kejsar Karl den store fick till skänks af kejsaren i Konstantinopel, var den första orgel i den mening, vi fästa vid detta ord, som kom till vesterlandet, står det dock således fast, att denna konst åtminstone redan i senare hälften af 9:e århundradet utöfvats i Tyskland. År 951 lät biskop Elfey för katedralen i Winchester bygga en stor orgel med 12 blåsbelgar upptill och 14 nedtill, hvilka med stor ansträngning måste dragas eller trampas af 70 starka karlar. Pipornas antal uppgick till 400, och till instrumentets spelande behöfdes två orgelister. Sannolikt behöfdes för tangenternas nedtryckande en så stor kraft, att en enda person ej kom ut dermed; ty den tidens kyrkosång, till hvars ledsagande orgeln skulle begagnas, var först och främst ej af så konstmässig art, att ej en enda orgelists tio fingrar skulle varit tillräckliga, äfven om den tidens orglar varit inrättade på samma sätt som våra, och dessutom veta vi, att hela antalet tangenter på denna orgel endast uppgick till 10 och att således 40 pipor kommo på hvar tangent. Det berättas, att winchesterorgeln haft flera register, och det skulle således lätt kunna låta tänka sig, att kombinationen af dessa register gjort den andre orgelistens medverkan nödvändig; men då det, som vi nu kalla register, näppeligen på den tiden ännu fans, är äfven en sådan förutsättning osannolik. I en i arkivet i Cambridge funnen handskrift från 12:e århundradet förekommer en teckning af en orgel af dylik konstruktion; kanske ha vi till och med här en skematisk framställning af winchesterorgeln (fig. 484)*).



Fig. 485. Stor orgel från 14:e århundradet.

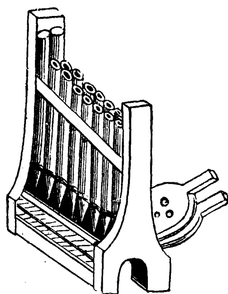


Fig. 486. Flyttbar orgel från 15:e århundradet.

*) I Sverige lär orgeln ej långt efter kristendomens införande upptagits till gudstjenstligt bruk, sedan kyrkor hunnit byggas. Redan i 12:e seklet har, enligt Ödmann, Skara egt orgelverk.

Det ringa tonomfånget medgaf naturligtvis ej en figurerad stämföring, och de gamla orglarnas behandling bestod endast deruti, att man vid afsjungandet af en sång med knuten näfve nedtryckte en tangent i sönder och sålunda unisont medspelade koralmelodin. I Frankrike omtalas den första kyrkorgeln i 12:e århundradet. Han befann sig i klosterkyrkan i Fécamp. Men sannolikt är, att orglar redan förut här förekommo i ett större antal, ty i 10:e århundradet voro de redan mycket spridda i Tyskland, och Freisingen, München, Aachen, Magdeburg, Halberstadt och Erfurt egde redan den tiden orglar. Afbildningen på fig. 485, som föreställer en orgel af det slag, som bygdes på 1300-talet, är hemtad från en latinsk psaltare, hvilken finnes i parisbiblioteket; fig. 486 deremot visar en liten flyttbar orgel från 15:e århundradet efter en samtida miniatyrmålning i Vincents af Beauvais Historiespegel, som likaledes finnes i parisbiblioteket.

Dessa äldsta orglar hade i regeln 12 toner med 12 tangenter, hvilka voro handsbreda och ihåliga, så att de måste "slås" med armen och armbågen. Klart är, att denna grofva konstruktion måste medföra alldeles särskilda svårigheter i behandlingen, emedan de ventiler, dragluckor, häfstänger m. m., som skulle öppna ingångarna till väderledningarna, på långt när ej kunde göras med den noggranhet som på vår tids orglar. Ja, sambandet med tangenterna åstadkoms vanligen endast genom starka snören eller tåg.

Om pipornas förening i särskilda grupper af bestämd klangkarakter, register, hör man visserligen redan talas i fråga om orgeln i Winchester, men då någonting sådant ännu ej på länge omtalas på senare orglar, måste, som sagdt, detta uttryck säkerligen ha någon annan betydelse. Det ser snarare ut, som om på den tiden hvarje tangent verkat på en s. k. mixtur och alla på den samma stående pipor, hvilka dimensioner de än hade, ljudit på samma gång, så snart tangenten nedtrycktes. Det obeqväma i denna inrättning föranledde, att man till tangenternas nedtryckande äfven använde fötterna, emedan dessa längre uthärda en sådan ansträngning än händerna. Blåsbelgarna, hvilka ofta voro anbragta till ett antal af 20, 30 och ännu mera, ledo äfven af stora ofullkomligheter, och på en regelbunden, alltid lika stark luftström var ej att tänka. Men derpå beror dock tonens jemnhet, hvarmed det således ej kan ha varit synnerligt väl beställdt. Det är derför ej att undra på, om här och der starka protester gjordes mot orgelns begagnande vid gudstjensten.

Men med kännedomen om ofullkomligheterna började i sjelfva verket äfven deras undanrödjande, och redan i början af 13:e århundradet finna vi betydliga förbättringar i orgelns inrättning. I stället för den förut allmänt begagnade diatoniska skalan införde man den kromatiska. I 14:e århundradet uppställdes i domkyrkan i Halberstadt en orgel, som redan hade två klaviaturer, en öfre för högra handen (diskanten) och en nedre för venstra handen (basen). Den förra hade 14 diatoniska och 8 kromatiska toner, således tillsammans 22 tangenter. Hvad man före senare hälften af 15:e århundradet kallade pedal, var, som sagdt, ingenting annat än den vanliga klavia-

turen, hvilken stundom trampades med fötterna i stället för att tryckas med händerna. Men år 1470 uppfann Bernardo il tedesco, en tysk musiker i Venezia, den anordningen, att med de gamla tangenterna, manualen, som spelades med händerna, förenades en annan särskild klaviatur, hvilken skulle behandlas med fötterna, den egentliga pedalen. Väderklaffarna öppnades äfven här medelst snören från pedaltangenterna.

Spelet kunde visserligen nu, när man äfven tog pedalen till hjelp, efter behag göras fullstämmigare; men ända in i 16:e århundradet var detta också allt, hvad i afseende på tonkarakterens förändring blifvit uppfunnet. Men nu är det just den mest framstående egendomligheten hos vår tids orgelverk, att de tillåta ofantligt många kombinationer af olika pipor, hvilka sedan medelst en tangent kunna bringas att tona på en gång och i sitt samljudande frambringa en effekt af en bestämd och åsyftad färg. Och denna ändamålsenliga sammansättning af olika ljud för att efterbilda omtyckta instrumentaleffekter, detta pipverkets afdelande i särskilda register, härrör från 16:e århundradet. Denna tid måste sålunda anses som den vigtigaste epoken i orgelbygnadskonstens utveckling.

I en någorlunda fullständig orgel är antalet af de pipor, som höra till hvarje tangent, högst betydligt. De hvila med sina fötter bredvid hvarandra på de s. k. kancellerna, aflånga, i orgelns väderlåda befintliga fack, som motsvara hvar sin tangent. Genom tryckande på en tangent öppnar sig den ventil, som stänger den motsvarande kancellen, och vädret skulle strömma in i alla på honom stående pipor och bringa dem att tona på en gång, om ej genom registerdragen en afsöndring åstadkommes. Under pipstockens öppningar befinna sig nämligen långa, linialartade trälister, de s. k. parallelerna, hvilka stå i samband med registerdragen och genom dem kunna skjutas under pipöppningarna. Dessa lister äro försedda med runda hål på sådant sätt, att, när en af dem flyttas, de pipor, som motsvara dit hörande registers tonkarakter, komma att stå på de i listen befintliga hålen, så att luftströmmen tvingas in uti dem, men de öfriga blifva afstängda. Väderlådan fullkomnades med tiden i många hänseenden, och äfven blåsbelgarna undergingo väsentliga förbättringar och anordnades på ett ändamålsenligare sätt, till undvikande af den oerhörda förbrukning af väder, som var en hufvudsaklig brist hos de gamla orglarna. Emellertid voro dessa förbättringar af öfvervägande mekanisk art och ha för oss mindre intresse än uppfinningen af de olika registren, i hvilkas sammansättning orgelbyggarna kunde ådagalägga ett fint tonsinne och en uppmärksam naturiakttagelse. Rör- och labialverken infördes, och öfver hufvud förenades med orgeln de mångfaldigaste toneffekter, sedan man lärt sig att efter behag utelemna eller i tonmassan åter infoga särskilda stämmor.

Några mycket betydande orglar uppstodo under denna period, och i synnerhet blef orgelverket i slottskyrkan i Gröningen vid Halberstadt, bygdt 1596 af David Becke, så berömdt, att det vid sin invigning granskades och spelades af ej mindre än 53 examinatorer.

En af den tidens mest betydande uppfinningar är den af Andreas Werkmeister, orgelist i Halle, gjorda uppfinningen af den liksväfvande temperaturen, hvarigenom först en omvexling af tonarterna blef möjlig. Klaviaturen kunde derigenom utvidgas, ty utom det, att de äldsta orglarna hvarken hade cis, dis eller fis och gis och att cis till och med ännu i 16:e århundradet saknades, bragtes efter kompletterandet af dessa halftoner manualens omfång upp ända till fyra oktaver, från *C* till *c'''*. Pedalen erhöll den stora oktaven och äfven några toner af den lilla.

Orgelbyggeriets blomstring i Tyskland inträffade i början af 18:e århundradet och sammanföll med den tid, då den protestantiska kyrkomusiken genom Bach och Händel frambragte sina mest storartade skapelser. England, förut utmärkt genom många framstående orgelbyggare, såg sig beröfvadt deras skönaste verk genom en förordning af år 1644, som befalde, att alla orglar skulle nedbrytas, en befallning, som under de puritanska rörelserna så mycket skyndsammare åtlyddes, som man af piporna kunde gjuta muskötkulor i massa. Orgelbyggarna tvungos att utvandra eller tillgripa snickaryrket. I de katolska länderna, der församlingens sång ej hade samma framstående betydelse som i de protestantiska, kunde, enligt sakens natur, orgeln ej erhålla en så väldig utveckling. Derför träffa vi ännu de mest betydande orgelverken i protestantiska kyrkor. Det är i synnerhet ett namn från denna tid, som lyser med stor glans i orgelbyggeriets historia: namnet Silbermann, ett namn, som vi redan mött i pianots historia. Det betecknar dock ej en enda personlighet; flera, som burit det, ha åstadkommit utmärkta saker inom instrumentmakeriet.

Andreas och Gottfried Silbermann voro söner af en timmerman i Böhmen vid namn Michael Silbermann. Båda lärde snickaryrket. Andreas, född 1678 i Grafenstein, gick år 1700 ut på vandring och lärde i Hagenau orgelbyggeriet samt bosatte sig i Strassburg som mästare år 1703. Han hade nio söner, af hvilka fyra uppnådde mogen ålder, blefvo orgelbyggare liksom han och efter faderns död år 1734 öfvertogo hans verkstad. Ända till 1751 drefvo de affärer gemensamt. Det var den yngste af dem, Johann Heinrich Silbermann, som derjemte äfven syselsatte sig med pianofabrikation.

Gottfried Silbermann, Andreas' broder, uppehöll sig omkring år 1712 i Freiberg, men måste för åtskilliga galna streck fly derifrån. I Strassburg, dit han derefter begaf sig och der han utbildade sig till orgelbyggare, stannade han ej heller länge. Efter många vandringar fram och åter nedsatte han sig slutligen som orgelbyggare i Frauenstein i Sachsen, men utbytte sedermera denna boningsort mot Freiberg. Det är han, som bygt de berömdaste silbermannsorglarna, och likväl syselsatte han i sin verkstad ej mer än 8—10 arbetare. Han dog som kurfurstlig hof- och landsorgelbyggare år 1753 i Dresden. Antalet af samtliga de orglar, hvilka Andreas Silbermann och hans söner bygde, uppgår till 74, af Gottfrieds till 30.

Den förste, som i Sverige något väsentligare sökte lyfta orgelbygnadskonsten, var (enligt Lindberg) H. H. Cahman, af Karl XI omkring 1680

inkallad från Tyskland. Äfven hans son J. N. Cahman (död 1736) utmärkte sig i yrket. Denne Cahman bygde 1731 verket i Upsala domkyrka, hvilket mycket beundrades. Derefter uppträdde de berömda orgelbyggarna Daniel Stråhle (död 1746) samt hans brorson Peter Stråhle och Jonas Gren, båda aflidna 1765. De båda sistnämda arbetade i bolag, och deras verk, hvaribland de i Klara kyrka, Slottskyrkan, Ladugårdslandskyrkan m. fl., stodo i ganska högt anseende. Gren hade sin förnämsta styrka i teorin, Stråhle i praktiken.

Derefter nämnes Olof Schwan (död 1812) som en förmåga af första ordningen. Schwan bygde verket i Stockholms Storkyrka (1791—96), bestående af 56 stämmor, verken i Maria kyrka 1777, Tyska kyrkan 1780, Adolf Fredriks kyrka 1783, Finska kyrkan 1792 m. fl.

Framstående orgelbyggare från senare tider äro Per Zakarias Strand och Gustaf Andersson, hvilkas arbeten vunnit ganska betydande anseende. Bland Strands mästerverk nämnas den stora orgeln i Lunds domkyrka med 61 stämmor (den största i riket), i Jakobs kyrka (Stockholm) 43 stämmor, Kungsholmens 34 stämmor m. fl. Strand afled 1844.

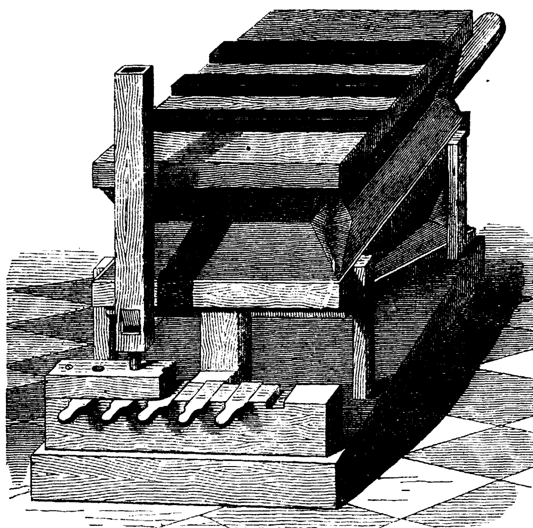


Fig. 487. Skema för orgelns konstruktion.

Äfven Anderssons verk hafva erkänts såsom utmärkta. Det största af hans orgelverk står i Åbo domkyrka och har 51 stämmor. Flera ypperliga arbeten finnas af honom i Stockholm och landsorten så väl som i Finland. Äfven hans son, Frans Andersson, har förfärdigat goda verk.

På senare tiden har förnämligast P. L. Åkerman ej blott i Sverige, utan ock i utlandet förvärfvat sig ett berömdt namn. Från sina utländska studieresor har han hemfört vigtiga uppfinningar, hvarmed han riktat svenska orgelbyggerikonsten, såsom nya och förträffliga stämmor (eufon, flûte harmonique, clarinette, cor anglais), en ny stämningsmetod, ny konstruktion af trumpeter och basuner, pneumatiska maskinen, regulatorerna m. m., hvarjemte han infört betydande förbättringar i orgelns mekanik i allmänhet. Hans orgel i Strengnäs domkyrka anses för den förnämsta i Sverige.

Danmark har bland andra goda orgelbyggare att uppvisa Marcus och Marcussen (båda aflidna). Den sistnämde bygde det mycket lofordade verket i Göteborgs domkyrka, som har 41 stämmor.

Med det inskränkta utrymme, som står oss till buds, är oss omöjligt att ingå i någon utförligare redogörelse för de särskilda uppfinningar, som under

de senaste hundra åren gjorts inom orgelbyggeriet. Ett sådant företag skulle antingen förutsätta eller innefatta en noggrann beskrifning af alla enskildheter i orgelns inre bygnad jemte alla förändringar och förbättringar ända till våra dagar; men för en tydlig framställning af alla vigtiga detaljer skulle knapt ett digert band räcka till.

För att emellertid gifva läsaren ett begrepp om den princip, hvarefter orgeln är konstruerad, hänvisa vi till fig. 487. Genom blåsbelgarnas nedtrampande pressas luften in i väderlådan, på hvilken piporna stå. De små genomborrade listerna, som kunna skjutas under pipornas fot, äro parallelerna, hvilka stå i samband med registerdraget. Genom dess utdragande skjutas de motsvarande hålen under pipornas fot, så att, när ventilen öppnas genom tangenten, luftströmmen går in i de pipor, hvilkas samtidiga tonande utgör registrets egendomliga klangfärg. På senare tiden har man vid flera större orgelverk börjat använda små ångmaskiner, som efter kompressionspumpens princip förtäta luften i väderlådan och derigenom åstadkomma ett mycket regelbundnare tillströmmande af henne än orgeltramparna, hvilkas arbete redan för den olika vigtens skull ej kan så noga beräknas. Som registren ofta få sina olika tonelement från ett mycket stort antal pipor, växer dessas antal ej sällan till det otroliga. Den berömda orgeln i benediktinklostret i Weingarten i Schwaben (fullbordad 1750) hade 6666 pipor, 66 register, en fri pedal och fyra manualer. Orgelpiporna göras af det renaste och bästa tenn. Men der den stora kostnaden utgör ett hinder, väljer man trä, hvilket stundom öfverdrages med tenn. I England begagnar man i stället för tenn en betydligt billigare komposition.

Hvad pipornas form och dimensioner angår, äro de redan i förhållande till den utvidgade klaviaturens behof mycket olika; men dessutom har registrens sammansättning föranledt mångfaldiga konstruktioner af olika klangfärg. Den största tennpipan i den af Ladegast bygda orgeln i Nikolaikyrkan i Leipzig, det djupa (stora) contra-*E* (32 fot), väger ensam tre centner, medan den minsta mixturpipa med lätthet kan skylas af en tordyfvel. Emedan trånga cylindriska pipor, när de skarpt blåsas, låta höra en följd af harmoniska öfvertoner, som gifva grundtonen en egendomlig fiolartad färg, finner man de register, af hvilka man väntar en sådan effekt (fiolprincipal, violoncell, kontrabas, viola di gamba m. fl.), sammansatta af sådana trånga pipor. Vida pipor deremot framkalla endast mycket svagt de harmoniska bitonerna, men deras grundton framträder skarp och full, och derför begagnar man dem för orgelns hufvudklangmassa, för de s. k. principalstämmorna. Koniska pipor gifva endast svagt de första harmoniska bitonerna, men låta deremot den femte till och med den sjunde framträda temligen tydligt, och den karakteristiska verkningen häraf träder tydligt i dagen i registren spetsflöjten, salcional, gemshorn, hvilka innehålla sådana pipor. På samma sätt tillgodogöras och användas till hundratals kombinationer de egendomliga klangfärgerna hos täckta pipor af olika mensurer. En särdeles märkvärdig förening utgöra mixturerna derigenom, att i dem pipor äro förenade, hvilka ej alla angifva samma ton, utan äro stämda i harmoniska öfvertoner, som motsvara tangentens grund-

ton. Jemte flöjtpiporna uppträda äfven i orgeln de mest olika slag af tungpipor och bilda de register, hvilka i sina klangverkningar skola motsvara valdhornet, fagotten, trumpeten, menniskorösten m. m.; men dessutom har man för vissa effekter äfven användt stålstafvar, klockor och andra klingande kroppar.

Beundransvärda framför alla äro de stora orgelverk, som utgått ur Walckers & Komp:s atelier i Ludwigsburg. Denna firma, som grundades af orgelbyggaren Eberhard Friedrich Walcker, hvilken, född i Kannstadt, dog i Ludwigsburg 1843, hade till slutet af år 1871 bygt 270 orgelverk med 2 till 100 register. Den verldsberömda orgeln i domkyrkan i Ulm har 100 register, 4 manualer, 2 pedaler och 6 286 pipor, af hvilka den största har en längd af 40 och en diameter af 2 fot. En konsertorgel för Boston, den tvåhundrade i ordningen och fullbordad i augusti 1862, har 86 register, en alldeles egendomlig crescendo- och decrescendoinrättning, och den största pipan skulle kunna rymma mer än 5 åmar.

Bland de förbättringar, hvarmed firman Walcker riktat orgelbygnadskonsten, måste vi i synnerhet framhålla införandet af stämslitsen, af det inslående, fritt svängande tungregistret, men framför allt af kägellådesystemet, hvilket först användes 1842 på ett för Estland bestämdt orgelverk. Enligt detta system har hvarje pipa sin särskilda ventil, som genom sin noga afpassade storlek, i det ögonblick tangenten nedtryckes, låter jemt den luftmängd inströmma, som för en riktig intonation af dit hörande pipas mensur betingas. De gamla parallellådorna deremot erhöllo allt sitt väder genom en gemensam ventil, hvarigenom ojemnheter i pipornas intonation inträdde, så snart alla registren spelades.

När vi jemföra vår tids orgelverk, t. ex. orgeln i Ulmdomen af Walcker, orgeln i Ludwigsburg eller de för Merseburgsdomen och Nikolaikyrkan i Leipzig af Ladegast bygda orglarna med äldre tiders, måste vi erkänna, att till och med sedan den silbermannska tiden vida större förbättringar blifvit gjorda än under alla föregående århundraden tillsammans. Öppnandet af ventilerna och parallelerna kan nu genom sinnrika inrättningar, sådana som den pneumatiska maskinen, åstadkommas med en lätthet, som gör spelandet på ett kolossalt orgelverk lika lätt som behandlingen af en konsertflygel. Men derigenom möjliggjordes äfven tillökningen af de klangkroppar, som af de särskilda tangenterna sättas i rörelse, samt dessa underbara toneffekter, som så hänföra och upplyfta oss.

Men i samma mån medlen blifvit allt rikare och fullkomligare, ha äfven svårigheterna att på ett tillfredsställande sätt använda dem till frambringande af en konstnärligt skön effekt ökats. Måste de gamla orgelbyggarna endast följa sin fina smak och sitt utbildade gehör för att fullkomna det traditionela i en visserligen på bestämda lagar grundad, men i denna lagbundenhet dock ej insedd empiri, har den nya tiden i den vetenskapliga undersökningen af klangverkningarna skapat en naturlig grundval, hvarpå det måste blifva vida enklare och säkrare att bygga, och de helmholtzska forskningarna skola just här allra mest visa sin praktiska betydelse.



Termometern.

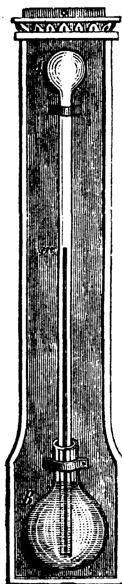
Värme och köld. — Värmets uppmätning. — Drebbels termometer. — Hvad värmet är. — Dess verkningar. — Värmekapacitet. — Kropparnas utvidgning. — Förändring af aggregationstillstånd. — Bundet värme. — Termometerns konstruktion. — Réaumur, Fahrenheit och Celsius. — Maximum- och minimumtermometer. — Metalltermometer. — Värmet i naturens hushållning.

"Termometern intresserar alla, och antingen man svettas eller fryser, känner man sig på visst sätt lugnare, blott man kan uttrycka sitt lidande i så och så många grader Réaumur eller Fahrenheit."

Det ligger mycken sanning i detta yttrande af Goethe. Man nöjer sig ofta med en jemförelse mellan naturföreteelserna och bespar sig dermed besväret att

forska efter de djupare liggande orsakerna. Termometerns uppgifter innefatta alls ingen förklaring hvarken öfver sättet, hvarpå, eller orsaken, hvarför de på våra sinnen inverkande företeelserna ega rum. Vi tala visserligen om värme, hetta och köld, men kunna ej tillägga dessa uttryck något annat begrepp än det af en ytlig jemförelse. Hvad som förekommer den ene hett, är för en annan blott varmt, och öfvergången från värme och köld existerar blott i inrättningen af det instrument, hvarmed vi nu vilja syselsätta oss.

Termometern är, såsom hans från grekiskan härledda namn antyder, ett instrument för att mäta värmet. Som hans uppfinnare nämnas flera; emellertid synes det antagandet hafva det största skäl för sig, att det var den holländske landtmannen Cornelius Drebbel, bekant genom flera mekaniska uppfinningar, som i senare hälften af 1600-talet uppfann termometern. Alla af andra för samma ändamål föreslagna apparater äro antingen ej närmare beskrifna, eller ock äro underrättelserna derom så sväfvande, att man ej kan tillerkänna dem någon trovärdighet.


Fig. 489. Drebbels termometer.

Engelsmannen Robert Fludd i Oxford säges hafva uppfunnit ett dylikt instrument, och läkaren Sanctorius skall omkring år 1600 medelst en egendomlig apparat varit i stånd att uppmäta menniskokroppens värme. Några påstå äfven, att Galilei omkring 1592 uppfunnit en termometer, hvars rör var fyldt med vatten och luft samt öppet i ena ändan.

Drebbels termometer bestod af ett glasrör *A* (fig. 489), öppet i ena ändan och i den andra utblåst till en kula. Den öppna ändan nedgick i ett kärl *B*, fyldt med en färgad vätska (blå kopparlösning). Luften i kulan aflägsnades till en del genom upphettning, och vid vanliga värmeförhållanden uppdrefs vätskan i röret genom det yttre lufttrycket till en viss punkt *m*. Vid en högre temperatur utvidgades luften i den öfre kulan, hvarvid vätskan nedtrycktes, vid en lägre deremot steg åter vätskepelaren. Denna apparat erhöll åtskilliga förändringar; bland andra vidtog Becher den att böja nedre delen uppåt och fylla honom med qvicksilfver, hvarpå sam en figur, som på en skala utvisade qvicksilfversytans höjd. Denna figur sattes äfven i förbindelse med ett urverk, hvilket hon vid sitt sjunkande uppdrog, hvarigenom vid temperaturgradernas ständiga vexling en oupphörlig rörelse åstadkoms (perpetuum mobile physico-mechanicum).

Den nu mera vanligaste och troligen äfven ändamålsenligaste formen erhöll termometern af accademia del cimento i Firenze. Instrumentet utgjordes då af ett rakt tillslutet rör, nedtill utblåst till en kula och delvis fyldt med sprit, för öfrigt lufttomt. Man har häruti hittills ej gjort någon annan väsentlig förändring, än att man i stället för sprit använder andra vätskor, i synnerhet qvicksilfver. Röret upphänges lodrätt, vanligen fäst vid en med

skala försedd skifva, hvarpå värmegraden angifves genom qvicksilfverspelarens höjd. Skalans indelning är olika på olika termometrar och sålunda helt och hållet godtycklig, hvaraf följer, att den deraf beroende skilnaden mellan värme och köld saknar all verklig grund. Innan vi gå vidare, torde här vara på sin plats att i korthet omnämna värmets förnämsta verkningar.

Hvad värme är, derom ha filosoferna allt sedan de äldsta tider hyst de mest skiljaktiga meningar. Då alla fysikaliska företeelser voro förbundna med värmefenomen, föranleddes man ganska tidigt att anse värmet för den förnämsta drifkraften i naturen, och ända till nyaste tider ha de åsigter, man bildade sig om den sinliga verlden i allmänhet, varit beroende af den föreställning, man gjorde sig om värmets natur. Hvarje förändrad uppfattning häraf har, i samma mån hon blifvit allmänt antagen, utöfvat sitt omgestaltande inflytande på naturforskningens alla teorier och metoder.

I forntiden ansåg man värmet, och dermed äfven elden, för ett element, ett fint eteriskt ämne, olikt de materiela kropparnas massa, utan att göra sig reda för dess egenskaper. Först Bacon af Verulam antog vissa vågformiga rörelser hos kropparnas minsta delar som grund för värmefenomenen, och Newton hyllade samma åsigt, åtminstone med afseende på kropparnas glödande tillstånd, då de i följd af värmet utstråla ljus. Dessutom lämpade det sig väl för förklaringen af åtskilliga företeelser att antaga en särskild värmemateria, hvilken åsigt under hans efterföljare allt mer befäste sig och i Boerhaves och Eulers teorier öfver elden fann ett bestämdt uttryck. Man talade då om ett särskildt värmeämne eller en eldmateria, hvars tillströmmande eller bortgående försatte kropparna i olika värmetillstånd och på samma gång meddelade dem nya kemiska egenskaper, en åsigt, som erhöll ett skenbart stöd i kropparnas syrsättning vid upphettning och i metallernas kalcinering, och hvarigenom en länge herskande falsk teori inom kemin grundlades.

Nu mera antages allmänt, att värme så väl som ljus uppkommer derigenom, att molekyler af en eller annan orsak försättas i svängningsrörelser. Värmets egenskap att kunna förvandlas till ljus och vidare det nära sammanhang, som förefinnes mellan alla fysikaliska förändringar, som utgöra yttringar af en och samma kraft, tvinga oss att för dem alla antaga en gemensam grundform, vibrationsrörelsen. Vi finna derför också, att kropparna förete likartade egenskaper i sitt förhållande till värmet som till ljuset, elektriciteten o. s. v. Vi finna kroppar, som hastigt upptaga och fördela värme genom hela sin massa, andra åter, som göra mer eller mindre motstånd mot värmets rörelse: goda och dåliga värmeledare. Till de förra höra metaller, glas, porslin, sten o. d., till de senare torr luft, trä, skinn, tyg o. s. v. Värmet öfvergår från en kropp till en annan ej blott genom omedelbar beröring, utan äfven genom strålning. Värmestrålarna återkastas och brytas på samma sätt som ljusstrålarna, såsom brännspegeln och brännglaset bevisa.

Värmets verkningar. En värmeeffekt är blott möjlig, då två olika varma kroppar träda i beröring med hvarandra. Vi kunna antaga, att värmestrålarna alltid öfvergå från den varmare kroppen till den kallare, hvarigenom slutligen en utjemning åstadkommes, så att båda kropparna erhålla en medeltemperatur. Dervid inträffar dock det fall, att en kropp behöfver en olika mängd värme mot en annan, allt efter hans olika massa och fysiska egenskaper. En bestämd värmemängd förmår t. ex. höja temperaturen hos 1 skålpund vatten till 10°, men för att åstadkomma en lika stor temperaturförhöjning hos 1 skålpund qvicksilfver behöfs blott $^1/_{30}$ så mycket värme. Vid afkylning återgifva naturligtvis båda vätskorna lika mycket värme, som de upptagit, och för att qvicksilfrets temperatur skall sänkas 10 grader, måste således bortledas $^1/_{30}$ af den värmemängd, som en lika vigtmängd vatten afger för en lika stor temperatursänkning.

Denna kropparnas egenskap att upptaga olika värmemängd för åstadkommande af lika temperaturförhöjning kallar man deras rymlighet för värme eller värmekapacitet. Vattnets rymlighet för värme skulle sålunda vara 30 gånger så stor som qvicksilfrets.

Värmet motverkar kohesionskraften inom en kropp derigenom, att det aflägsnar atomerna från hvarandra, hvarvid volymen ökas. Värmets allmänna verkan uttryckes derför sålunda: värme utvidgar kropparna, köld sammandrager dem, hvarmed förstås i förra fallet ett tillförande, i det senare ett borttagande af värme. Otaliga företeelser i den yttre naturen bevisa detta förhållande, som äfven kan tydligt visas genom följande tillställning. Man tar en metallkula, som vid vanlig temperatur nätt och jemt kan passera genom en metallring. Då kulan uppvärmes, går hon ej vidare igenom ringen, emedan hennes volym blifvit ökad; men så snart hon blifvit afkyld till sin förra temperatur, faller hon åter obehindradt igenom honom.

På samma sätt som fasta kroppar utvidgas äfven flytande och gasformiga genom värme, och utvidgningen är större, ju lättrörligare en kropps atomer äro. Gaserna visa följaktligen den största volymtillökningen, och det är på detta förhållande, inrättningen af Drebbels termometer grundar sig. Den firenziska akademiens sprittermometer och vår vanliga qvicksilfverstermometer visa oss flytande kroppars utvidgning, och en apparat, som grundar sig på volymförändringen hos fasta kroppar, ha vi i pyrometern, som är afsedd för mätande af höga temperaturgrader, t. ex. i masugnar, porslinsugnar o. s. v.

Utom denna värmets verkan att utvidga kropparna märka vi en annan ganska påfallande och för det organiska lifvet vigtig egenskap hos det, den nämligen, att det förändrar kropparnas aggregationstillstånd. Då ett stycke is uppvärmes, smälter det, d. v. s. öfvergår från fast till flytande tillstånd. Dervid bibehåller sig dess temperatur oförändrad, oaktadt värme oupphörligt tillföres det, ända tills smältningen fullständigt försiggått. Då först börjar temperaturen hos det genom smältningen bildade vattnet att stiga, och fortsättes uppvärmningen, stiger temperaturen, tills vattnet börjar öfvergå till gas. Genom de dervid uppkommande gasblåsorna råkar vattnet i kokning, och i detta

tillstånd blir åter dess temperatur oförändrad, så länge ännu något flytande vatten är qvar.

Samma iakttagelse, som vi göra vid isens smältning och vattnets öfvergång till vattengas, nämligen att det tillförda värmet, så länge is eller vatten ännu finnes qvar, endast användes till att bringa kroppen ur det ena aggregationstillståndet i ett annat, finna vi bekräftad äfven hos en mängd andra kroppar. Alla de kroppar, hvilka, liksom qvicksilfver, zink, svafvel, fosfor o. s. v., medgifva en dylik förvandling, upptaga i sjelfva verket vid sin förändring värme, ehuru detta ej märkes i deras nya tillstånd. Om en sådan liknelse tillåtes oss, skulle vi vilja kalla vatten en förening af värme och is och vattengas en förening af värme och vatten. Detta värme, som förefinnes i kropparna utan att märkas, så kalladt latent eller bundet värme, blir åter fritt och märkbart, då kroppen återgår från gasformigt till flytande eller från flytande till fast tillstånd. Sådana kroppar, som hastigt afdunsta, upptaga härvid en betydlig värmemängd, hvarigenom de i hög grad afkyla närgränsande kroppar, hvilka de beröfva deras värme. Genom denna så kallade afdunstningsköld kan man få vatten att frysa, om man sätter ett dermed fyldt kärl under klockan till en luftpump och genom fortsatt pumpande aflägsnar den utvecklade vattengasen. Vi erfara en känsla af kyla, då vi slå sprit på handen, just i följd af spritens hastiga afdunstning, och vid stark värme stänka vi vatten på golfven i våra rum för att afkyla dem; det tryckande värmet bindes nämligen vid den uppkommande gasbildningen och blir sålunda för oss omärkbar. Omvändt uppträder det frigjorda värmet vid de motsatta förändringarna i aggregationstillståndet, då de i luften sväfvande vattenångorna förtätas till droppar, eller de i form af dimma och moln simmande små vattendropparna förvandlas till is eller snöflingor. Hvarje dylik meteorologisk företeelse föregås af en af termometern angifven temperaturförhöjning.

Denna värmets egenskap att förändra kropparnas aggregationstillstånd, att förvandla fasta kroppar till flytande och flytande till gasformiga, är utan tvifvel den till sina följder vigtigaste af dess verkningar. Det är endast derigenom det organiska lifvet, sådant det nu uppträder på jorden, möjliggöres; årstidernas vexling, alla meteorologiska fenomen, gryning och skymning, blåst och regn bero derpå, att vattengas förefinnes i luften, hvilken allt efter sin värmegrad utfäller en del deraf eller upptager mera.

Hvad vi förstå med gas, ha vi till en del redan omnämt, ty vi ha lärt känna många vätskors benägenhet att utvidga sig, ända tills de öfvergå från flytande till gasformigt tillstånd. Man bör ej förblanda vattengasen med ångan, hvilken senare består af små blåsor fylda med vattengas och bildar synbara moln eller töcken. Vattengasen sjelf deremot är fullkomligt likartad i hela sin massa och alldeles färglös. Några få kroppar bilda färgade gaser, men vattengasen är fullkomligt osynlig. Han finnes ständigt i luften, men i följd af hans egenskap att vid afkylning förtätas till vatten kan den kalla luften ej upptaga så mycket deraf som den varma. Mot hvarje temperaturgrad

svarar en viss mängd vattengas, som luften är i stånd att upptaga. Om mera vattengas tillkommer, eller om den mättade luften afkyles, förtätas öfverskottet (moln, dimma). Ända till mättningspunkten röner emellertid gasbildningen intet motstånd, och härutaf kunna vi förstå, hur det kommer till, att en torr vind, som kommer till oss från det inre af Asiens öknar, beröfvar marken och växterna deras fuktighet, medan den varma sunnan- eller vestanvinden, som på sin väg öfver hafvet redan mättat sig med vattengas, i våra kallare trakter lätt afbördar sig sitt öfverskott deraf och bringar regn, då den förra vinden deremot brukar medföra klar och torr väderlek.

Att utröna luftens vattenhalt är en af meteorologins vigtigaste uppgifter. Om luften innehåller mindre vattengas, än hon enligt sin temperatur kan upptaga, är hon torr; innehåller hon mera vatten, är hon fuktig. För att upptäcka och uppmäta de olika graderna i detta hänseende har man uppfunnit ett egendomligt instrument, nämligen

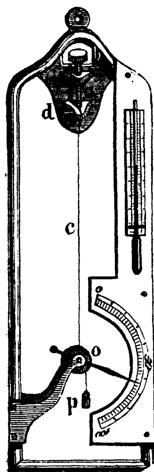


Fig. 490. Saussures hår-hygrometer.

Hygrometern eller fuktighetsmätaren. Många organiska kroppar hafva den egenskapen att upptaga luftens vattenånga i sina porer, hvaraf deras volym ökas. Hår, fiskben, fjäder, trä, halm m. fl. höra hit, och man kallar sådana kroppar hygroskopiska. På denna egenskap grunda sig apparater, som användas för att uppmäta luftens fuktighetshalt och på grund deraf möjligen förutsäga väderleken. De små apparater af detta slag, som till tusental förfärdigas i Nürnberg, äro allmänt bekanta. De utgöras af ett litet hus, inuti hvilket hänger en snodd tarmsträng, som uppbär en horisontal pappskifva, hvarpå två små dockor, en herre och en dam, äro anbragta. Är luften fuktig, snor strängen upp sig, och herrn med paraplyet träder ut i dörren; vid torr luft deremot snor strängen åter ihop sig, och damen med solfjädern träder fram.

Man har en mängd dylika apparater af olika form och material, men då de ej ega något egentligt värde, förbigå vi dem här. Den första hygrometer, hvarmed man kunde anställa någon verklig mätning, var Saussures. Han består af ett långt, i lut utkokadt menniskohår *c* (fig. 490), som med sin öfre ända är upphängdt vid en fast punkt och med den nedre fäst vid en rulle. Genom hårets sammandragning i torr luft och förlängning i fuktig vridas rullen och den derpå anbragta visaren, som på en graderad skala anger fuktighetsmängden. Skalans indelning sker derigenom, att man först ställer instrumentet under en klocka med fullkomligt torr luft och betecknar med 0^0 eller torrhetspunkten den punkt, der visaren då stannar. Den högsta fuktighetsgraden fås genom att bringa hygrometern under en annan klocka, hvars inre blifvit bestänkt med distilleradt vatten. Rummet mellan dessa båda ändpunkter indelas sedan i 100 lika delar. I Delucs hygrometer begagnas ett fiskben i stället för hår.

Dessa instrument angifva emellertid endast förändringarna af fuktigheten, men icke huru mycket fuktighet finnes i luften. Den meteorologiska vetenskapen behöfde likväl ett instrument, som direkt anger vattenhalten och utvisar, huru många vigtdelar vatten vid en bestämd tid finnas på en kubikfot luft. Först genom ett dylikt instrument i förening med barometern och termometern vore det möjligt för meteorologen att iakttaga företeelserna i luftkretsen.

För att uppnå detta mål måste man först nogare lära känna ångornas natur; man måste framför allt veta, att luften vid hvarje temperaturgrad blott kan upptaga en viss mängd fuktighet. Om man inför en kall fast kropp i varm luft, immar han sig, som man säger. Denna imma eller dagg är det vatten, som den kroppen omgifvande luften måste utfälla vid afkylningen. Ju fuktigare luften är, desto lättare inträder daggbildningen; hon eger rum äfven vid skenbart torr luft, blott man tillräckligt afkyler kroppen. Undersöker man, till hvilken temperaturgrad en kropp måste afkylas, för att han skall imma sig, och vid hvilken temperatur imman åter försvinner, befinnes daggpunkten eller den temperaturgrad, vid hvilken luften är mättad med fuktighet, ligga midt emellan dessa båda. Härpå grundar sig Daniells hygrometer (fig. 491). Han består af ett böjdt rör, som slutar i två kulor. Kulan *a* är till en del förgyld eller öfverdragen med platina, för att imman lättare skall kunna märkas; hon är till hälften fyld med eter, och inuti henne står en termometer. Kulan *b* är omlindad med en fin linnelapp. Det inre är lufttomt och fyldt med eterånga. Då man dryper eter på kulan *b*, afkyles hon i följd af eterns hastiga afdunstning, spänstigheten minskas, och ny ånga uppstiger ur kulan *a*. Denna måste i följd af ångbildningen bli allt kallare, så att fuktigheten slutligen slår sig på hennes yttre sida. Den inre termometern visar nu, vid hvilken temperatur daggbildningen försiggick, medan en annan på ställningen hängande termometer visar luftens värmegrad. Af skilnaden mellan dessa båda temperaturer samt med iakttagande af barometerståndet för tillfället kan man beräkna luftens fuktighetsgrad vid observationstillfället. För att slippa göra beräkningar för hvarje gång begagnar man sig af tabeller, hvarigenom man lätt kan finna resultatet.

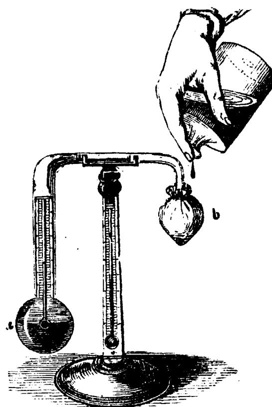


Fig. 491. Daniells hygrometer.

Ett hit hörande instrument, som mycket användes, är Augusts psykrometer. Han består af två lika, bredvid hvarandra hängande termometrar; kulan på den ena är omlindad med en lapp, som nedhänger i ett glas med vatten, så att han ständigt är fuktig. Då luften är fullkomligt mättad med fuktighet, afdunstar ej mera något vatten, hvarför ej heller något värme bindes, och båda termometrarna ange samma temperatur. Men upptar luften mera fuktighet, måste den våta termometern falla, och det så mycket djupare

och hastigare, ju längre luften är ifrån sin mättningspunkt. Af skilnaden mellan båda termometerstånden kan man sedan beräkna luftens fuktighetsgrad, för hvilket ändamål äfven tabeller äro upprättade. Emellertid är ej heller detta sinnrika instrument helt och hållet ofelbart, och vill man göra fullt noggranna iakttagelser, måste man från en viss luftmängd skilja dess vatten och väga det.

Meteorologi och meteorograf. De förändringar, som försiggå i vår atmosfer, åtminstone så vida de direkt och märkbart inverka på väderleken, bero nästan alla på värmeförändringar. Deraf bero i första rummet vinden och fuktighetshalten samt för det andra, huru vida vädret är klart eller mulet, och resultatet af de särskilda omständigheternas samverkan blir väderleken. Det ges en gren af de fysikaliska vetenskaperna, som uteslutande sysselsätter sig med väderleksförhållandena i vidsträcktaste bemärkelse, och denna vetenskapsgren är meteorologin.

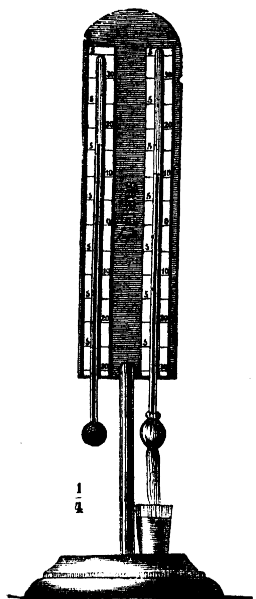


Fig. 492. Augusts psykrometer.

Termometer, psykrometer, barometer, elektroskop och elektrometer, de senare för att undersöka luftkretsens elektriska tillstånd, anemometer, för att bestämma vindens styrka och riktning, äro de förnämsta instrument, hvaraf meteorologerna betjena sig.

Väderleken har, som vi veta, ett stort inflytande ej blott på enskilda personers välbefinnande, utan äfven på tillståndet i allmänhet i ett land. Det är ej blott jordbrukaren, sjömannen m. fl., som oaflåtligt kasta forskande blickar mot himmeln; de meteorologiska frågornas lösning har äfven ett högt och allmänt vetenskapligt intresse. För att kunna erhålla en öfverblick af atmosferens tillstånd på olika punkter på samma tid har man derför på Alexander von Humboldts tillstyrkan öfverdragit hela jorden med ett nät af meteorologiska stationer, der på bestämda tider observationer göras. Sammanställningen af de på detta sätt erhållna resultaten, deras jemförande och noggranna undersökning har, för att blott nämna ett exempel bland många, ledt till en kännedom af stormarnas natur, hvilken redan gjort sjöfarten oskattbara tjenster. Ty nu mera vet man, att många af de farligaste stormarna ej äro annat än våldsamma hvirfvelvindar, som kretsa omkring en medelpunkt, och sjömannen kan genom några få observationer finna den riktning, hvari han måste styra för att komma utom den farliga cirkeln och i ett lugnare farvatten.

Men om äfven de atmosferiska förhållandena på bestämda tider och ställen observeras och antecknas, kan man dock ej af sådana spridda uppgifter erhålla någon sammanhängande bild. Derför har man nu redan länge försökt att låta instrumenten sjelfva anteckna sina nästan oupphörliga förändringar. Man har

dervid begagnat olika metoder, bland annat gått till väga på det sätt, att man på ytan af qvicksilfret i barometerns kortare öppna rör lagt en kork, som uppbär ett blystift, hvilket ritar på en förbi det passerande pappersremsa. Förändringarna i qvicksilfverspelarens höjd angifvas nu genom en fortlöpande kroklinie, hvars högsta punkt motsvarar det lägsta barometerståndet, och tvärt om har man på andra instrument låtit ett fotografiskt beredt papper bakom qvicksilfverspelaren röra sig förbi denna, då papperet svärtas genom ljusets inverkan på de ställen, der qvicksilfret ej hindrar det o. s. v.

Den berömde astronomen pater Secchi i Rom har på ett ganska sinnrikt sätt sammansatt en apparat, som sättes i rörelse genom ett urverk och på ofvan nämda sätt medelst kroklinier anger de meteorologiska fenomenen. Det var denna sjelfverkande meteorograf, som på den senaste utställningen i Paris beundrades och sedan dess, som en aldrig hvilande arbetare, blifvit uppstäld på många observatorier. Den ena sidan af denna temligen voluminösa apparat visade utom urverket de fotografiska bilderna af barometerstånden, termometerns och fuktighetsmätarens gradtal samt på hvilken timme och till hvad myckenhet nederbörd fallit. Den andra sidan deremot visade uppgifterna på vindens styrka och riktning, en termometer att uppmäta solstrålarnas värme och en kontroll öfver barometerstånden och regnmängden. Afbildningarna på första sidan måste borttagas och nytt papper insättas efter en tid af $2^1/_2$ dagar och på den andra efter 10. Under denna tid tecknades bilden af de atmosferiska företeelserna endast af ett sinnrikt urverk genom talrika och väl utförda häfstångsförbindningar, som ingrepo i hvarandra, samt af en elektromagnetisk telegraf, medelst hvilken sådana delar, som lågo utanför observationsrummet, sattes i verksamhet.

Den enklaste och fullkomligaste af dylika meteorografer torde dock vara ett af docenten vid Upsala universitet Theorell förfärdigadt instrument, som ej blott med ytterlig noggranhet verkställer de nämda observationerna, utan äfven samtidigt trycker en tabell öfver dem, der observationsresultaten angifvas, ej genom fotografiska bilder, utan med vanliga siffror. Men vi öfvergå till vårt egentliga ämne och vilja nu beskrifva

Termometerns förfärdigande. Den vigtigaste omständigheten vid termometerns förfärdigande är valet af ett passande rör, som är lika vidt allt igenom. Termometerröret tillsmältes öfver en glasblåsarlampa i ena ändan, der det utblåses till en kula; den andra ändan förblir tills vidare öppen. Rörets fyllande sker på det sätt, att luften utdrifves genom uppvärmning och den öppna ändan derefter hastigt neddoppas i qvicksilfver, då vid afkylningen det yttre lufttrycket uppdrifver qvicksilfret i röret. Emellertid fylles kulan på detta sätt endast till en del, hvarför man genom en förnyad uppvärmning och derpå följande afkylning måste ytterligare intvinga qvicksilfver deri. För att helt och hållet utdrifva den qvarvarande luften upphettas qvicksilfret till kokning, och då det fyller hela röret, tillsmältes den hittills öppna ändan. Vid afsvalningen sammandrager sig qvicksilfret och lemnar öfver sig i röret ett

lufttomt rum, hvari det vid temperaturens höjande uppstiger för att vid dess fallande sjunka tillbaka. För att finna skalans båda hufvudpunkter sättes nu det på nyss nämda sätt fylda röret först i en blandning af vatten och is (fig. 493), der det qvarstår så länge, tills qvicksilfverspelaren ej mera faller. Den punkt i röret, der qvicksilfversytan då står, betecknas som skalans fryspunkt (0°). Derpå utsättes röret för inverkan af ångan från kokande vatten, och den punkt, dit qvicksilfret då stiger, betecknas som kokpunkt (fig. 494). Afståndet mellan fryspunkten och kokpunkten delas på Celsius' termometer i 100, på Réaumurs i 80 lika delar eller grader, så att, om fryspunkten betecknas med 0, kokpunkten enligt Celsius är den 100:e, enligt Réaumur den 80:e graden. Följaktligen svara 4 grader Réaumur mot 5 grader Celsius, och det är sålunda lätt att reducera de på Réaumurs termometer uppgifna värmegraderna till värmegrader efter Celsius och tvärt om.

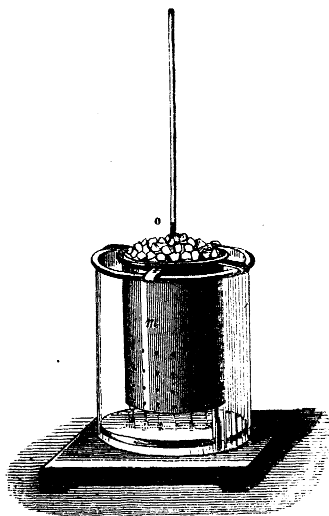


Fig. 493. Bestämmandet af termometerskalans nollpunkt.

På Fahrenheits termometer, som företrädesvis begagnas i England, är skalans indelning något omständligare. Fahrenheit antog nämligen till nollpunkt ej vattnets fryspunkt, utan den temperaturgrad, han erhöll genom en blandning af snö och salmiak. Han delade afståndet mellan denna och vattnets kokpunkt i 212 lika delar. Fryspunkten inföll sålunda vid 32°, och följaktligen motsvara 100° Celsius eller 80° Réaumur 212°—32° = 180° Fahrenheit. Förhållandet mellan graderna på Réaumurs, Celsius' och Fahrenheits termometrar uttryckes derför genom talen 4 : 5 : 9.

Termometerns infattning kan göras på många sätt allt efter hans olika ändamål. De instrument, som äro afsedda för undersökning af temperaturgraden hos vätskor, inneslutas i glasrör, som äro tillsmälta upptill. Skalan är då antingen etsad på glaset eller tecknad på ett inuti glasröret fäst papper.

De bästa termometrar blifva, liksom alla noggranna fysikaliska apparater, temligen dyra så väl i följd af de stora svårigheter, deras förfärdigande medför, som och i synnerhet derför, att det är högst sällsynt att få sådana rör, som genom hela sin längd ha samma genomskärningsarea. Dessutom förändras instrumentet med tiden derigenom, att glaset småningom sammandrager sig, hvarigenom en rubbning af nollpunkten och hela skalan uppstår. Vid noggranna observationer måste dessa omständigheter tagas i betraktande och de derigenom uppkommande felen rättas. Framför allt är det nödvändigt att tid efter annan profva instrumentet genom att nedsätta det i smältande snö och het vattenånga. Priset för en normaltermometer uppgår till omkring 80 rdr, men ett vanligt instrument kan fås för ungefär 75 öre. En god termo-

meter med sorgfälligt graderad skala kan sedan begagnas till reglering af andra dylika. Gränserna för termometerskalan bero på instrumentets bestämmelse. På sådana t. ex., som läkare använda för att undersöka menniskokroppens värme, behöfver skalan endast omfatta några grader öfver och under medeltemperaturen, då deremot termometern för dagligt bruk måste kunna ange så väl vattnets kokpunkt som den starkaste vinterköld.

Då man med termometern vill observera värmegraden hos en kropp, är det nödvändigt, att denna så mycket som möjligt omsluter kulan och en del af röret så länge, tills qvicksilfret ej mer stiger eller faller. Ej heller får någon annan värmekälla störande inverka, hvarför vid finare observationer ej ens handen bör komma termometern för nära. För att utröna luftens temperatur ställes instrumentet i skuggan, dock ej på något dragigt ställe.

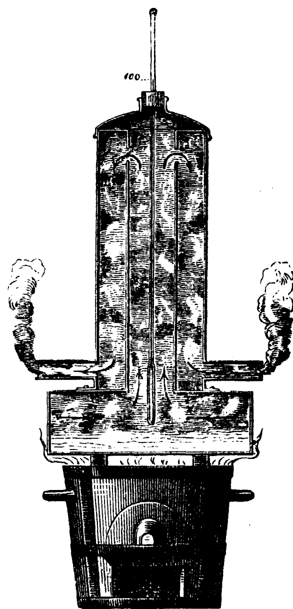


Fig. 494. Bestämmandet af kokpunkten på termometerskalan.

För vissa ändamål har man inrättat termometrar, som registrera sig sjelfva, så att man efteråt kan se, hvilket deras högsta och lägsta stånd varit, sedan man sist observerade dem. Man kallar dessa maximum- och minimumtermometrar, äfven dag- och nattermometrar. Den mest bekanta af dessa är Rutherfords (fig. 495). Två termometrar äro horisontalt fästa på en skifva. Den ena är fyld med qvicksilfver, den andra med sprit. I den förra befinner sig en liten jerncylinder, som qvicksilfret vid sin utvidgning skjuter framför sig, men som stannar qvar, då det åter sammandrar sig, emedan han ej fuktas deraf. Följaktligen anger hans läge den högsta temperatur, som förekommit mellan två observationer. Genom en magnet kan man återföra jerncylindern till qvicksilfrets yta. I sprittermometerns rör finnes en af sjelfva spriten omgifven liten glascylinder, som i hvardera ändan har en liten utvidgning eller knapp. Så länge denna glasbit ligger i röret helt och hållet omgifven af spriten, blir han qvarliggande på samma ställe, men om spritpelaren vid inträffande temperatursänkning sammandrager sig, drar han glasbiten med sig. Dennas läge anger således den lägsta temperatur, som förekommit sedan närmast föregående observation.

Metalltermometerns konstruktion grundar sig på den omständigheten, att olika metaller ej utvidga och sammandraga sig lika mycket för samma temperaturförändringar, hvaraf följer, att om man på längden förenar stänger af olika metall, t. ex. skrufvar, eller löder ihop dem, måste den sålunda bildade stången vid förändrad temperatur slå sig eller krokna. Har man t. ex. på detta sätt förenat en zink- och en kopparskifva till en rät stång, böjer hon sig, då temperaturen stiger, sålunda, att zinken, som utvidgar sig mest, kommer att

ligga på hennes yttre sida. Motsatsen inträffar, då temperaturen faller; zinken blir då kortare än kopparn, som följaktligen kommer att ligga utefter den större omkretsen. Rörelserna af stångens fria ända kunna tydligen begagnas att kringvrida en visare öfver en graderad skala.

Breguets metalltermometer består af ett spiralformigt bildadt metallband, som med sin öfre ända fästes vid en ställning. Metallbandet utgör en förening af tre sammanlödda tunna remsor af silfver, guld och platina. Guldet, hvars utvidgning är större än platinans, men mindre än silfrets, utgör en förmedling mellan dessa båda och tjenar dessutom att sammanlöda dem. Då nu silfret och platinan utvidga och sammandraga sig vid temperaturförändringarna, inses, att spiralens nedre ända ej förblir på samma ställe, utan flyttar sig åt det ena eller andra hållet, allt efter spiralens sträfvan att linda upp eller ihop sig. Dessa vridningar öfverföras nu på en visare, som rör sig öfver en graderad cirkel. Genom att göra denna visare tillräckligt lång och låta honom röra sig öfver en siffertafla kan man på detta sätt från höjden af ett torn åskådliggöra små temperaturskilnader på ett betydligt afstånd.

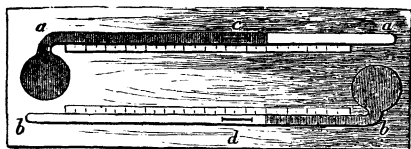


Fig. 495. Maximum- och minimumtermometern.

Värmet i naturens hushållning. Om vi intränga i jordens inre, finna vi, att ju djupare ned vi komma, desto högre blir temperaturen, och denna temperaturhöjning uppgår till omkring en grad för hvarje hundrade fot. Med kännedom häraf kunna vi med hög grad af sannolikhet antaga, att orsaken till den höga temperaturen hos vattnet i de heta källorna och hos den ur vulkanernas kratrar utströmmande lavan endast är det större eller mindre djup, hvarifrån dessa utflöden komma. Temperaturen i jordens inre växer visserligen ej alldeles proportionelt mot djupet, utan något långsammare, dock tvingas man nästan oemotståndligt till det antagandet, att på ett visst djup under jordytan temperaturen uppgår till en sådan höjd, att hela den derunder liggande massan befinner sig i flytande tillstånd och således utgör en enda stor droppe, kring hvilken den fasta jordskorpan bildar ett jemförelsevis mycket tunt skal.

Den klotform, alla himlakroppar ega, ger stöd åt det antagandet, att de alla befunnit sig i flytande tillstånd, och deras rotation är då orsaken till deras regelbundna sferiska gestalt. Man antager derför, att hela den massa, hvaraf himlakropparna bestå, en gång haft så hög temperatur, att hon i följd deraf varit flytande eller gasformig. En något så när antaglig förklaringsgrund för denna ofantliga värmegrad har först senare tiders forskning lyckats finna. Först efter utvecklingen af den mekaniska värmeteorin har det blifvit möjligt att erhålla ett begrepp om värmets betydelse i naturens hushållning. Ehuru tallösa, sedan sekler kända förhållanden tydligt ådagalagt, att värme och mekaniskt arbete i vissa fall ersätta hvarandra och förvandlas det ena till det

andra, att de äro eqvivalenta, har dock detta aldrig blifvit bestämdt och tydligt uttaladt förr än 1842 af dr Mayer i Heilbronn. Då man genomsågar ett bräde, blir sågen varm; om man hastigt halar sig utför ett tåg, kan man få brännblåsor i händerna; en metallbit, som hamras, uppvärmes; ett jernstycke, som slipas mot en torr slipsten, upphettas ända till glödning; då stålet slår eld mot flintan, blir ett af den skarpa flintan från stålet afhyfladt tunt spån så starkt upphettadt, att det kommer i glödning och förbrinner. Små verldskroppar, som komma inom jordens atmosfer, förtäta luften framför sig och förlora derigenom i hastighet, hvarvid en del af deras lefvande kraft förvandlas till värme: de komma i glödning och synas som stjernfall. Äro de tillräckligt stora för att ej alldeles förbrinna i atmosferen och är deras rörelse sådan, att de komma jorden tillräckligt nära, nedfalla de som meteorstenar. I alla dessa fall och tusentals andra uppkommer värme, då mekaniskt arbete försvinner, eller, rättare, mekaniskt arbete förvandlas till värme.

Då komprimerad luft utvidgas, undanskjuter hon den yttre luften, utför således ett mekaniskt arbete, hvarvid hennes temperatur sjunker, så vida ej värme tillföres henne. Värme förloras således och arbete vinnes. Det värme, som utvecklas i en ångpannas eldstad, erhålles delvis tillbaka i form af arbete från ångmaskinen. Då en kanon affyras, utvecklas vid krutets förbränning värme, som till en del förvandlas i arbete och meddelar kanonkulan hennes lefvande kraft, hvarigenom hon blir i stånd att utföra sina förstörande verkningar. Vi se sålunda, att de företeelser, vid hvilka värme förvandlas till mekaniskt arbete, äro nästan lika alldagliga som de, vid hvilka det omvända förhållandet eger rum.

Men ej nog med att värme förvandlas till mekaniskt arbete och tvärt om; en bestämd värmemängd förvandlas äfven under alla förhållanden till en och samma mängd mekaniskt arbete. Kallar man den värmemängd, som fordras för att höja temperaturen hos 1 skålpund vatten 1° C., för en värmeenhet, öfvergår en värmeenhet, då hon förvandlas till mekaniskt arbete, till 1 430 skålpundfot. Detta arbete, 1 430 skålpundfot, kallas derför värmeenhetens mekaniska eqvivalent. Liksom vi kunna beräkna, huru många skålpundfots arbete erfordras för att meddela en viss hastighet åt en kropp, hvars massa vi känna, kunna vi med kännedom om den mekaniska värmeeqvivalenten utan svårighet beräkna, huru mycket värme utvecklas, då en dylik kropps rörelse upphäfves. Orsaken till den höga temperaturen hos jordklotets inre söker man, och med hög grad af sannolikhet, deruti, att den massa, hvaraf jorden består, förut varit utbredd öfver en vida större rymd, eller att jordklotets massa ursprungligen intagit en ojemförligt större volym, och då delarna i följd af sin ömsesidiga attraktion sammandragits till ett mindre klot, har vid sammanträffandet deras rörelse upphäfts och i stället värme utvecklats. Solens och fixstjernornas värme hänför man till samma orsak. Man har beräknat, att om jordklotet, som har en hastighet af omkring 3 sv. mil i sekunden, genom något motstånd bragtes till hvila, skulle derigenom alstras en värmemängd lika stor med den, som frambragtes genom förbränning af 14 massiva kolbollar af samma dimen-

sioner som jorden, en värmemängd, tillräcklig att bringa vår jords alla beståndsdelar i gasform. Om jorden, sedan hon bragts till hvila, i följd af den allmänna tyngdlagen fölle till solen, skulle, då hon vid sin stöt mot solen hejdades, utvecklas en lika stor värmemängd, som kan erhållas genom förbränning af 5600 massiva jordklot af rent kol.

Man antager således, att före verldskropparnas bildning hela den massa, hvaraf de bestå, var likformigt fördelad i den oändliga rymden, der de särskilda beståndsdelarna voro blandade om hvarandra. Så länge samma temperatur och täthet rådde öfver allt, rådde också jemvigt och hvila; men om jemvigten någonstädes rubbades, om partiklarnas ömsesidiga attraktion på något ställe åstadkom en förtätning, alstrades genom denna förtätning värme, hvarigenom de nybildade fastare massorna förvandlades till glödande droppar, som sväfvade i rymden. Man antager, att dessa verkningar framkallades deraf, att jemvigten på något ställe stördes och att dermed följde hvirflande rörelser, som sedan gåfvo upphof till himlakropparnas regelbundna rörelser. Rörande orsaken till denna jemvigtens rubbning och den hvirflande rörelsen kunna vi naturligtvis ej ens uppställa en hypotes.

Den rymd, inom hvilken en dylik förtätning egt rum, blef sedan området för ett solsystem. Från den förtätade massan afskilde sig i följd af centrifugalkraften några delar och kretsade i elliptiska eller cirkelformiga banor omkring den större kärnan. Genom de afskilda massornas rotation kring sina axlar afskildes på samma sätt från dem andra delar, som bildade månar eller drabanter till den himlakropp, hvarifrån de närmast utgått.

Verldsrymden, d. v. s. rymden närmast omkring vårt solsystem, är kall och kallare än den lägsta temperatur, som vintern hos oss kan åstadkomma.

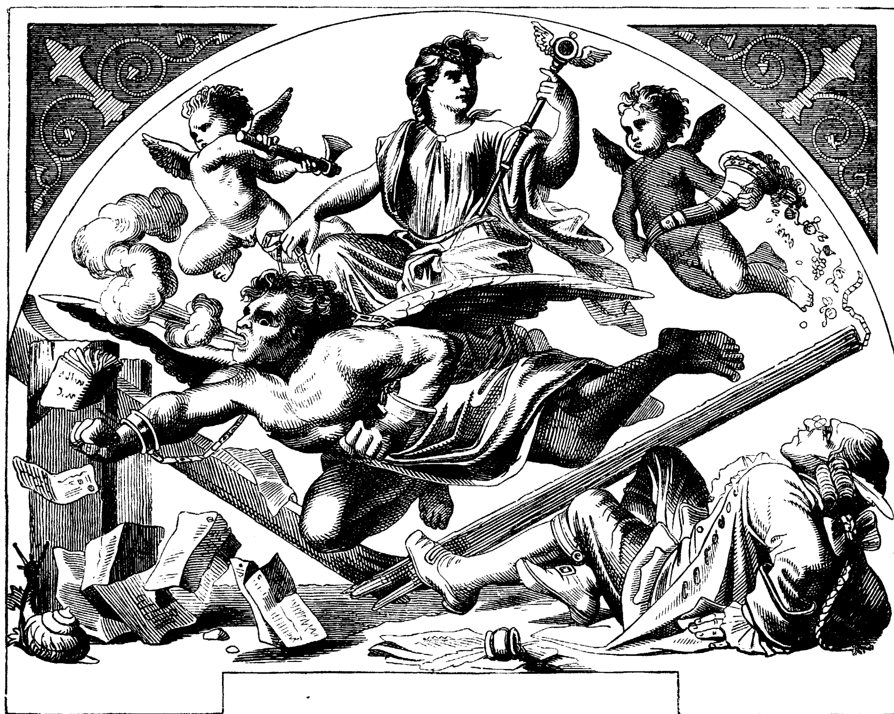
På grund af verkstälda observationer antager man, att verldsrymdens temperatur ej öfverstiger — 54^{0} C., men sannolikt är mycket lägre. Naturkrafterna sträfva oupphörligt att utjemna motsatserna. Från en varmare kropp utstrålar värme till den kallare, och af denna orsak förlora de i följd af sin höga temperatur smälta himlakropparna oupphörligt värme och svalna allt mer och hastigare, i samma mån deras massa är liten. Emedan den väsentligaste värmeförlusten uppkommer genom utstrålning från ytan, antager denna först fast form och bildar ett skal omkring den inre glödande kärnan. Gasutvecklingar och andra rörelser i denna senare förorsaka dock bristningar i det yttre skalet, och genom de sålunda bildade öppningarna eller sprickorna utflyter en del af den inre massan och bildar de första vulkaniska aflagringarna. Ju tjockare skalet är, desto större motstånd utöfvar det mot den inre påtryckningen, och i samma mån förekomma de vulkaniska utbrotten mera sällan. Den nu mindre lättflytande massan upptornar sig till väldiga bergryggar, då hon framtränger genom sprickorna i den yttre skorpan. Slutligen förekomma ej vidare några större remnor, utan endast mindre öppningar, genom hvilka tid efter annan den genom kemiska eller mekaniska krafter frampressade massan utflyter. Dessa öppningar, som vi kalla vulkaner, tjenstgöra som säker-

hetsventiler, hvilka hindra det inre trycket att ökas, ända tills det förorsakar större remnor i jordskorpan.

Denna oafbrutet fortgående afkylningsprocess försiggick hos de mindre himlakropparna jemförelsevis hastigt, så att månen sannolikt redan utgör en fullkomligt stelnad kropp, medan jorden endast eger ett tunt skal och solen helt och hållet befinner sig i glödande tillstånd. Betrakta vi särskildt förhållandena på vår jord, der värmefenomenen naturligtvis bäst kunna af oss iakttagas, finna vi, att jorden, så vidt det af oss kan utrönas, hunnit det skede i sin afsvalning, att det värme, hon förlorar genom utstrålning i rymden, återfås genom uppvärmning från solen. Men solvärmet betäcker ej blott den genom utstrålning uppkommande värmeförlusten, utan är äfven den närmaste orsaken till allt lif och all verksamhet på jorden, så att vi väl kunna säga, att all rörelse, allt arbete, som här utföres, ej är någonting annat än till arbete förvandladt solvärme. Då trädet under inflytande af solvärmet bildar fibrerna i veden hufvudsakligen af vattnets och kolsyrans beståndsdelar, blir en del värme latent eller bundet. Detta bundna värme ligger magasineradt i veden och frigöres åter, då veden förbrännes. Ett djur afger värme och kan samtidigt utföra arbete, men måste då äfven erhålla föda. En dragare t. ex. fodras med hafre och hö; det värme, som hafren och höet, då de växte, gjorde latent, frigöres åter i djurets organism och uppträder dels som animaliskt värme, dels förvandlas det till mekaniskt arbete. Då solen uppvärmer jorden, uppvärmas äfven de underst liggande luftlagren; dessa utvidgas och undantrycka dervid andra luftlager: värme förbrukas och mekaniskt arbete vinnes. Den uppvärmda och förtunnade luften flyter upp, kallare och tätare luftlager sjunka ned för att i sin ordning uppvärmas, uppstiga och lemna rum åt andra. Då atmosferen genom dylika strömningar på något ställe erhållit en större höjd än på andra, måste tydligen rörelser i horisontal riktning uppstå: blåst och storm uppkomma. Då vi använda dessa att framdrifva fartyg eller sätta väderqvarnar i rörelse, begagna vi således solvärmet under form af mekaniskt arbete. Då solstrålarna uppvärma vattnet och bringa det att afdunsta, blir, som bekant, en del värme latent. Vattenångorna medfölja de uppvärmda luftlagren uppåt, afkylas och kondenseras, hvarvid det bundna värmet å nyo frigöres. Den till vattendroppar kondenserade gasen nedfaller till jorden och bildar bäckar och floder. Det mekaniska arbete, som erfordras för vattnets lyftande från hafvet till molnen, utvecklas ur solens värme, och det arbete, det till hafvet nedströmmande vattnet kan återge, tillgodogöra vi genom att låta vattnet verka på ett vattenhjuls eller en turbins skoflar. Det arbete, en ångmaskin lemnar, är ej heller annat än förvandladt solvärme. Stenkolen frigöra vid sin förbränning i ångpannans eldstad det solvärme, som växten, hvarifrån de härstamma, för måhända millioner år sedan upptagit. Då således all kraft, allt arbete på jordens yta härleder sig från solens värme, framställer sig helt naturligt den frågan: hvarifrån få solen och de med henne likartade fixstjernorna det värme, som de i så stor mängd oafbrutet utstråla? Den enda hypotes för denna frågas besvarande, som något så när håller stånd mot kritiken, är uppstäld af

Mayer, hvilken visat, att om en mängd meteorer nedstörtade i solen, hvarvid tydligen deras lefvande kraft skulle förvandlas till värme, vore detta tillräckligt att underhålla solens temperatur. Solens volym skulle visserligen derigenom förstoras, men enligt hans beräkning skulle denna förstoring under loppet af 30000 år ej öka solens skenbara diameter med en bågsekund och således för oss vara fullkomligt omärkbar. Då vi dock ej känna någon orsak, hvarigenom dessa i solen sig hopande massor å nyo skulle utströs i rymden, stå vi här vid en stor lucka i vårt vetande. Detta meteorregn skulle, om också efter en lång tid, slutligen upphöra, hvarefter solen skulle afsvalna och allt lif och all verksamhet inom solsystemet upphöra. Det är sant, att enligt allt, hvad vi känna om förhållandena inom naturen, mera arbete förvandlas till värme, än värme till arbete, och att således efter en tillräckligt lång tid allt arbete borde vara förvandladt i värme. Men då detta senare enligt sin natur utstrålar från en varmare kropp till en kallare, så länge någon temperaturskilnad dem emellan eger rum, skall slutligen ingen olika temperatur inom universum finnas. Öfver allt skulle då herska samma temperatur, hvila och död.

Med erkännande af riktigheten i denna slutledning böra vi dock blygsamt tillstå, att mycket i naturen ännu är för menniskan förborgadt, hvarför vi ej böra tillägga en dylik, om ock väl grundad slutledning, en allt för stor vigt.



Ångan och ångmaskinens uppfinning.

Luftens fuktighetshalt. — Principen för ångmaskinen. — Uppfinningens historia och verkliga ålder. — Vasco de Garays fartyg. — Salomon de Caus. — Markisen af Worcester. — Papins gryta. — Saverys ångmaskin. — Newcomen. — James Watt och hans dubbelt verkande maskin. — Parallelogrammen. — Högtrycksmaskinen.

Vi ha framför oss en långsamt framflytande ström, hvars stränder prydas af rika landtgårdar, blomstrande byar och idoga städer. Längre bort blir landet mera brutet; från kullarna höja sig väderqvarnar, och i dalarna, som genomflytas af de särskilda bifloderna, brusa vattenfallen fram öfver klipporna. Vi stiga uppåt, vägen blir allt brantare, ju längre vi framtränga; slutligen träffas vårt öra af dånet från väldiga stångjernshammare. Vi stå nu framför ett af dessa jernbruk, som ofta anläggas i de vildaste bergstrakterna för att på stället bearbeta den malm, som der brytes och hvars transport skulle möta allt för betydliga svårigheter. Utmed bergen ligga stora varphögar uppkastade, och från alla sidor höras de enformiga klockljuden från grufkonsten, ett tecken till att pumpverken gå sin ostörda gång. Helt nära intill oss råder en brusande och sjudande verksamhet. Stora hjul uppfånga det nedstörtande bergvattnet, och beställsamma drifremmar öfverföra rörelsen till talrika axlar och arbetsmaskiner. Öfver dessa höja sig stora, rykande skorstenar, och ur rör-

mynningar, som här och der visa sig, framvälta moln af hvit ånga, som i fantastiska gestalter jaga hvarandra genom de mörka skogstopparna. Så mäktig än vattenfallets verkan är, förslår hon dock ej att tillfredsställa alla de kraftbehof, som uppstå vid den vidsträckta anläggningen. Hammare af flera hundra centners vigt smida de glödande jernstyckena, och på otroligt kort tid formas de af stora valsar till jernvägsskenor och plåt eller utdragas till tråd.

Och ångan, som sätter i rörelse denna tunga jernhammare, har, lika litet som vattnet, i sig sjelf någon egen särskild kraft. Hon är blott ett medel för värmets förvandling till arbete, men det mest lämpliga medel för detta ändamål, som ännu blifvit upptänkt.

Ångan, denna nyfödda jättekraft, räcker med sina jernarmar ned i jordens sköte och bringar milliontals centner af dess skatter upp i dagsljuset. Hon förvandlar den smälta metallen till mångfaldigt olika former. Liksom genom ett trolleri framstår ur den oformliga massan det smäckra jernfartyget; ångan bygger det, ångan bringar ned det i dess element, och med hennes tillhjelp besegrar det i snabbhet sin medtäflare af trä, hvars ekspant behöft sekler för att uppnå erforderlig styrka. Ångan mal mjölet till det bröd, vi äta, hon spinner ullen och bomullen till våra kläder, hon väfver det lätta tyget och trycker derpå den rikaste blomsterprakt. Af de tusentals hjul, som ångan sätter i rörelse, skulle hvart och ett lätt kunna krossa en menniska, och likväl är den svagaste barnhand i stånd att hämma dess väldiga drifkraft. Boktryckarkonstens uppfinning har gifvit menniskan medel i hand att besegra okunnigheten och vidskepelsen; ångmaskinens uppfinning sätter oss i stånd att öfvervinna de hinder, som förr tycktes resa oöfverstigliga skrankor för menniskans fysiska kraft. Den förra har gifvit vingar åt menniskans ande, den senare åt hennes kropp.

Då vi betrakta en ångmaskin, finna vi ofta en liten prydligt arbetad och polerad pjes, så nätt och fin, att det knapt synes oss troligt, att alla dessa mäktiga verkningar, som vi se, kunna utgå derifrån. Liksom lekande, rör sig kolfstången taktmässigt upp och ned, och ett svänghjul roterar helt makligt med. Rörelsen fortledes från en enda hufvudaxel. Medelst kugghjul och remskifvor eller andra apparater ledes och fördelas kraften, dit den behöfves, ofta på stora afstånd, uppåt och nedåt till alla hörn och kanter.

"Med huru många hästkrafter arbetar maskinen?" fråga vi. Med femton, tjugu, tretio eller ännu mera, svaras oss. På jernvägar och ångbåtar höra vi till och med talas om hundra, ja, tusen hästkrafter och derutöfver. Och alla dessa ofantliga krafter synas på det enklaste sätt härleda sig från litet vatten och litet kol. Vattnet blir ånga, och ångan skjuter en kolf framför sig; detta är det enkla medlet för uppnåendet af så storartade verkningar.

Ångmaskinens princip. Orsaken till, att ej under gifna förhållanden allt vatten i naturen förvandlas till ånga, ligger i det tryck, som atmosferen utöfvar på hvarje vätskyta. Detta tryck kan motarbetas genom vattnets upphettande, och i det ögonblick, då det är fullständigt öfvervunnet, sker ång-

utvecklingen med stor liflighet. Vätskan råkar genom de deri uppstående gasblåsorna i häftig svallning: hon kokar. Spänstigheten hos den från ett öppet kärl uppstigande ångan måste hålla jemvigt mot atmosfertrycket. Följaktligen erhåller man på detta sätt alltid blott ånga af en atmosfers tryck. Den från kokande vatten uppstigande ångan är ej varmare än detta. Vi veta, att en stor mängd af det värme, som tillföres, bindes vid ångbildningen och gör, att ångan upptar ett mycket större rum än förut i sitt flytande tillstånd. Detta bundna värme blir åter fritt, när ångan å nyo kondenseras till vatten. Om man fyller ett lufttomt kärl af 1 700 kubiktums rymd med mättad ånga af 100° temperatur, trycker denna, såsom nyss sades, med kraften af en atmosfer mot kärlets väggar; samma tryck utöfvar luften mot de yttre väggarna, hvarigenom jemvigt uppkommer. Införa vi nu $5^1/_2$ kubiktum iskallt vatten till ångan i kärlet, förlorar den senare på ögonblicket sin spänstighet; hennes bundna värme, som qvarhöll henne i gasform, öfvergår till det kalla vattnet och meddelar detta en högre temperatur. Sjelfva ångan antar vid förlusten af sitt bundna värme åter flytande form, och ha vi utfört experimentet riktigt, bör kärlet nu i stället för $5^1/_2$ kubiktum innehålla $6^1/_2$ kubiktum af 100° temperatur.

Af detta experiment lära vi för det första, att af det i ångan bundna värmet ingenting gått förloradt, utan att det i fritt tillstånd återfinnes i det heta vattnet; ty för att bringa 1 kubiktum vatten af 100° till ånga erfordras jemt lika mycket värme, som behöfves för att uppvärma $5^1/_2$ kubiktum från 0° till 100°. Vidare se vi, att då ångan genom afkylning åter öfvergått till vatten, intar detta ett 1 700 gånger mindre rum. Det uppstår följaktligen i kärlet, som vi måste tänka oss tillslutet, efter ångans kondensering ett rum af omkring 1 693 kubiktum, som är fullkomligt tomt, emedan luften redan förut var utdrifven af ångan. Inifrån göres sålunda intet motstånd mot det yttre lufttrycket, hvilket följaktligen ensidigt verkar utifrån inåt på kärlets hela yttre yta. Hade kärlet den form, att en af dess väggar kunde skjutas inåt, skulle detta ske med så mycket större kraft, ju flera qvadrattums yta erbjödes det yttre lufttrycket, d. v. s. ju större det vore; och om vi tänka oss kärlet som ett vidt rör, nedtill försedt med botten och i öfre ändan tillslutet med en rörlig kolf, ha vi redan hufvudbeståndsdelarna af den atmosferiska ångmaskinen.

Den i kärlet isolerade, d. v. s. ej i beröring med vatten stående ångan af 100° temperatur förhåller sig i afseende på värmets inverkan i det närmaste på samma sätt som luften och hvarje annan gasformig kropp; hon sträfvar vid värmeförhöjning att utvidga sig och trycker med ökad kraft mot kärlets väggar. Men om i det tillslutna kärlet, liksom i ångpannan, vatten och ånga på en gång innehållas, blir förhållandet, såsom vi strax skola få se, något annorlunda.

En vätskas kokpunkt beror, såsom redan är antydt, icke blott af hennes natur, utan äfven af det motstånd, som den bildade gasen för att blifva fri har att öfvervinna. Derför kokar vatten på höga berg vid en lägre tempera-

tur, emedan lufttrycket der är mindre, och under luftpumpen kan man få vatten af helt obetydlig värmegrad att koka. Deraf följer, att då motståndet ökas, blir en starkare upphettning nödvändig för att frambringa kokningen och ångutvecklingen. Om vatten och ånga af en atmosfers tryck finnas i en på alla sidor tillsluten ångpanna, der ångan ej har något utlopp, ha båda, som vi veta, samma temperatur, nämligen 100°. Ångrummet har upptagit så mycken ånga, som det kan, af 100° temperatur: det är, som man säger, mättadt. Detta tillstånd kan emellertid ej fortfara, om upphettningen fortsättes. Vattnet måste upphettas till mer än 100° för att kunna utveckla mera ånga; denna blir nu äfven hetare och af en större spänstighet, ty ju mera ånga, som uppsamlas i det tillslutna rummet, desto mera sammanpressas hon och desto mera trycker hon mot vattnet. Ångtrycket ökas nu ganska fort; det är vid en temperatur af 100° lika med 1 atmosfer, vid 120° lika med 2, vid 144° lika med 4 och vid 200° lika med 15 atmosferer. Då vi ihågkomma, att ånga af 1 atmosfer trycker med en kraft af 21,4 skålpund på hvarje qvadrattum af det omslutande kärlets väggar, och taga detta tryck 4, 8 och 15 gånger, kunna vi förstå, hvilken oerhörd verkan den sammanpressade ångan kan åstadkomma och hvilken mekanisk effekt kan frambringas af en maskin, hvars ångpanna med t. ex. 200 qv. fots yta uthärdar ett tryck af 3 atmosferer.

Den frambragta värmemängden är härvid beroende af kolförbrukningen, och för ångmaskinens teori och bedömandet af dylika apparater är det alldeles nödvändigt att kasta en blick på det regelbundna sammanhanget dem emellan.

För att höja temperaturen hos en viss volym vatten från 0° till 100° erfordras alltid samma värmemängd, för hvars frambringande äfven samma kolmängd behöfves, förutsatt att kolen äro af samma beskaffenhet. Å andra sidan veta vi, att en bestämd värmemängd alltid frambringar samma effekt, vare sig att denna består i utvidgning eller ej. Sålunda motsvarar den värmemängd, som erfordras för att höja temperaturen hos ett skålpund vatten med en grad, ett mekaniskt arbete, som förmår lyfta 1 skålpund 1430 fot högt. Genom förbränning af ett skålpund rent kol borde man kunna lyfta 1 centner 3 mil högt, om det vore möjligt att utan förlust förvandla hela den vid förbränningen utvecklade värmemängden i mekaniskt arbete, men det härigenom frambragta värmet förmår blott uppvärma 8000 skålpund vatten en grad.

Vi ha som mått på det mekaniska arbetet antagit tyngders upplyftande. Som bekant, brukas detta vanligen i tekniken, och måttenheten skålpundfot betyder ingenting annat än det arbete, som erfordras för att lyfta ett skålpund en fot högt.

Så storartade resultat våra ångmaskiner än kunna uppvisa, förmå de dock ännu ej på långt när tillgodogöra hela arbetseffekten af det genom bränslet frambragta värmet. Orsaken härtill ligger dels deruti, att en stor del af det värme, som utvecklas i eldstaden, ej kommer ångutvecklingen till godo, dels deri, att värme bindes af vattnet vid dess öfvergång till ångform, och slutligen deri, att ångan, då hon lemnar maskinen, ännu har qvar största delen af det värme, hon upptagit. Ångmaskinens fullkomnande är derför en fråga af stor national-

ekonomisk vigt. Om också faran för ett snart uttömmande af våra tillgångar på bränsle ej är så stor, som mången föreställer sig, bjuder dock det egna intresset att ej nöja sig med den effekt af blott 5—10 procent, som våra bäst konstruerade ångmaskiner gifva.

Ångmaskinens historia. Liksom i fråga om alla andra vigtiga uppfinningar, har man ej heller i fråga om ångmaskinen trott sig kunna gå nog långt tillbaka i tiden för att upptäcka de aflägsnaste spåren eller, rättare sagdt, de första fröna dertill. Det finnes och fans ännu mera förr en klass af historiker, som ej kunna tänka sig några andra stora och betydande uppfinningar än dem, som redan i de äldsta tider blifvit gjorda.

Får man tro dem, skulle äfven ångmaskinerna ha en ålder af två tusen år bakom sig. Man gjorde sig mycket besvär med att hopsamla och ordna alla underrättelser, som på något sätt skulle kunna tydas som bevis härför. De gamla grekerna och romarna kände utan tvifvel ångan lika väl som vi, och för att säga oss detta behöfver ingen död uppstiga ur grafven; men att uppfinningen af ångmaskinen, d. v. s. det systematiska tillgodogörandet af ångans spänstighet för de mest olikartade ändamål och arbeten, ej af dem blifvit gjord, är fullkomligt säkert. En tillfällig iakttagelse är ingen uppfinning. Den verkliga uppfinningen göres; hon är en naturlig frukt af förutgången ansträngning; hon är ett barn af tiden och behofvet. Alla de försök, som från äldsta tider ända in i 18:e århundradet omtalas såsom upphofvet till ångmaskinen, hafva för denna den nyaste tidens vigtigaste uppfinning intet värde. Låtom oss likväl taga några af dem litet närmare i skärskådande.



Fig. 497. Herons ångkula.

Så omtalar Heron från Alexandria, en grekisk filosof från andra århundradet f. Kr., i ett arbete, som blifvit bevaradt till vår tid, bland andra apparater äfven en ångkula, hvilken i ångmaskinens historia anföres som det första exempel på ångans användning. Vi gifva i fig. 497 en afbildning deraf för att visa, att dylika tillställningar ej ha någonting gemensamt med hvad vi kalla ångmaskiner. En ihålig metallkula, rörlig omkring en axel, har ett an-

tal rör, som alla äro försedda med hvar sin öppning, utmynnande åt samma sida. Då vatten inuti kulan bringas i kokning eller då ånga inledes deri och utströmmar genom de nämda öppningarna, bringas kulan, liksom turbinhjulet, i hastig rotation i en riktning motsatt den, i hvilken ångan utströmmar. Den heronska ångkulan skulle med samma eller ännu större skäl kunna anses som den första turbinen.

En annan sägen, häntydande på kännedom om ångans kraft, berättas oss från grekiska kejsardömets tid. En viss Zenon i Byzantium hade en gång en bjudning för sina vänner i ett rum, som låg midt öfver ett annat, hvilket beboddes af en person, med hvilken Zenon den tiden ej lefde i godt förstånd. För att spela denne senare ett spratt införde Antemios — så hette den andre — i sitt rum en stor kittel med vatten, uppgjorde en dugtig eld derunder och ledde ångan genom rör mot taket, så att hela huset bragtes i skakning och gästerna, som trodde det vara en jordbäfning, i högsta förskräckelse rusade ut på gatan.

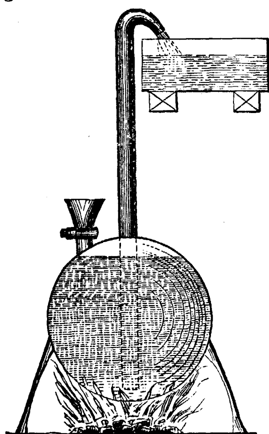


Fig. 498. Salomon de Caus' ångapparat.

I Sondershausen förvaras ännu en afgudabild, den så kallade Püsterich. Bilden är af koppar, ungefär en aln hög och ihålig; de enda öppningarna utgöras af dess båda ögon. Man antar, att vid gudstjensten de hedniska presterna fylde bildstoden med vatten, satte proppar i ögonen och upptände eld inuti tronen, på hvilken gudabilden satt. Då vattnet kom i kokning, drefvos propparna af ångan ur ögonen, denna utströmmade genom de båda öppningarna och insvepte gudabilden i ett töcken, hvarigenom gudomens vrede på ett åskådligt sätt framstäldes för den häpna menigheten.

Emellan ett dylikt lekverk och ett verkligt mekaniskt tillgodogörande af ångan ligger emellertid, som hvar och en ser, en vid klyfta, och månget århundrade förgick, innan språnget häröfver lyckades. Det första spår till ett försök i den vägen förekommer i Spanien. Sjökaptenen Vasco de Garay uppträdde med en maskin, hvarmed han ville framdrifva fartyg utan roder eller segel. På Karl V:s befallning anstäldes försök dermed i Barcelonas hamn år 1545. Garay hemlighöll sin maskins beskaffenhet, och man såg endast, att han bestod af en stor vattenkittel och att på båda sidor af fartyget hjul voro anbragta. Fartyget, som lastade nära 5000 centner, påstods tillryggalägga 3 sjömil på 2 timmar. Uppfinnaren belönades, men hans maskin förblef obegagnad, antingen emedan saken, enligt ett vitnes utsago, var allt för invecklad, kostsam och farlig, eller i följd af andra hinder, som så ofta förekomma vid nya uppfinningar. Vi känna ej till beskaffenheten af Garays maskin, lika litet som vi kunna redogöra för hvad som menas, då pastor Johann Mathesius i Schneeberg, en af Luthers förtrogna vänner, i sin 1562 i Nürnberg utgifna Sarepta eller Bergpostilla talar om en man, som nu

"börjar upplyfta berg (sten och malm) och vatten med eld". Salomon de Caus, hvilken fransmännen vanligen tillerkänna äran af ångmaskinens första uppfinning, beskrifver i sitt 1615 utgifna Raisons des forces mouvantes planen till en maskin, hvilken grundar sig på samma princip som heronskulan. Denna apparat bestod af en ihålig kula (fig. 498) med ett tilloppsrör, som kunde stängas medelst en kran, och ett utloppsrör, som nedgick nära till kulans botten. Om, sedan apparaten blifvit fyld med vatten och tilloppsröret stängdt, kulan föres öfver elden, utvecklas ånga, hvilken genom sitt tryck på vattnet uppdrifver detta i en stark stråle genom utloppsröret. Huru vida Salomon de Caus utförde denna maskin eller blott uppgjorde planen dertill, vet man ej med visshet; emellertid har Arago häri funnit anledning att nämna honom som ångmaskinens uppfinnare, och med stöd af hans auktoritet är samma åsigt nu mera allmänt antagen. Berättelsen, att de Caus skulle ha blifvit förklarad vansinnig och inspärrad på dårhuset Bicêtre, der markisen af Worcester besökt honom och erhållit kunskap om hans ideer, lär vara helt och hållet grundlös.

Ar 1629 utgaf en italienare, Giovanni Branca, en bok om Maskinen, der han bland andra apparater beskrifver en, hvarmed ett skofvelhjul sättes i rörelse af utströmmande vattenånga.

Bland de män, som sökt framställa en ångmaskin efter de Caus' princip, utmärker sig i synnerhet markisen af Worcester, i hvilken engelsmännen ära ångmaskinens förste uppfinnare. Markisen, som var ett begåfvadt, men ometodiskt hufvud, utgaf 1663 sin bok om "Hundra uppfinningar", bland hvilka äfven förekommer ångmaskinen, som han på följande sätt beskrifver:

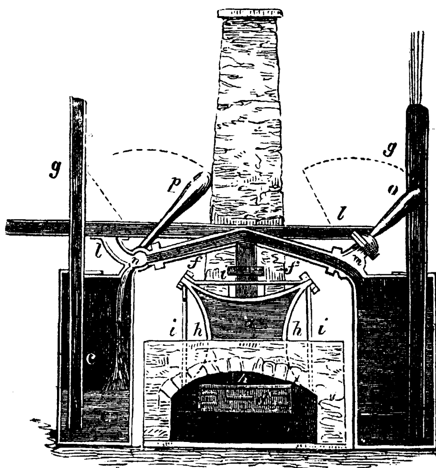


Fig. 499. Markisens af Worcester ångmaskin.

"Jag har uppfunnit ett underbart och kraftigt sätt att uppfordra vatten med tillhjelp af eld, icke förmedelst sugpump, hvilken, som man vet, endast uppfordrar vattnet till en viss höjd, utan på ett annat sätt, hvarigenom vattnet kan uppbringas till hvilken höjd som helst, blott kärlet är tillräckligt starkt. Sedan jag uppfunnit ett sätt att göra mina kärl tillräckligt starka att kunna motstå det inre trycket, fylde jag dem det ena efter det andra med kallt vatten och erhöll genom användning af ånga en springbrunn, som uppkastade vattnet i en oafbruten stråle af 40 fots höjd. Med ett kärl fyldt af till ånga afdunstadt vatten kunde jag uppfordra 40 dylika kärl kallt vatten. För maskinens skötsel behöfdes endast en man, som ej hade annat att göra än att vrida på två kranar för att antingen inleda ånga i det fylda kärlet eller kallt vatten i det tomma. Dervid måste likväl elden alltid underhållas."

Vi betvifla mycket, att markisen någonsin konstruerat sin maskin annat än i hufvudet. Emellertid kan man göra sig en föreställning om hvad han menar. Man tänke sig en ångpanna *a* (fig. 499) med två rör *f f*, som nedgå i hvar sitt bredvid stående vattenkärl. Dessa kärl *b* och *c* äro ofvantill slutna och kunna endast tömmas genom de nära till bottnen gående stigrören *g g*. Om ett kärl, t. ex. det till höger, fylles med vatten och ångkranen uppvrides, trycker ångan på ytan af vattnet, så att detta uppressas genom stigröret. Medan det ena kärlet sålunda tömmes, kan det andra fyllas med vatten o. s. v. Kranarna *p* och *o* kunna härvid inrättas så, att de i den ena ställningen insläppa ånga och i den andra vatten.

Worcesters apparat har den fördelen framför de Caus', att vattnet, som skall uppfordras, här förblir jemförelsevis kallt, emedan ångan, liksom i våra ångmaskiner, frambringas i ett annat kärl än det, hvari hon skall arbeta. Denna skilnad är vigtig. Man måste sålunda medgifva, att hos markisens "uppfinning n:r 68" i den dunkla omklädnaden ligger förborgad en sund tanke, denna må nu för öfrigt vara hans egen eller lånad från Frankrike.

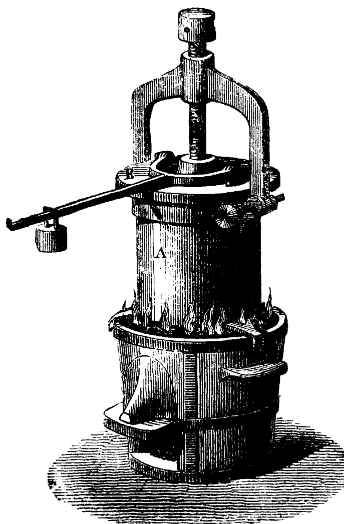


Fig. 500. Papins gryta.

En långt vigtigare företeelse i ångmaskinens historia än alla de nu nämda träder oss till mötes i Denis Papin, hvars namn är allmänt bekant, ty hvem har ej hörts talas om Papins gryta? Fig. 500 föreställer denna apparat. Han består af två ihåliga jerncylindrar, den ena inuti den andra. Den yttre, som har mycket tjocka väggar, innehåller det vatten, som skall förvandlas till ånga; i den andra inläggas kött, ben, o. s. v. Grytan tillslutes genom ett med säkerhetsventil försedt lock, som tätt fastskrufvas, hvarefter hon sättes på elden. Medelst det starka ångtrycket utdragas nu de närande beståndsdelarna ur de i grytan befintliga fasta ämnena mera fullständigt än vid vanlig kokning.

Papin, som uppfann detta slags kokapparat, var en fransman och hade efter många vexlande öden och irrfärder erhållit en profession i matematik i Marburg i Hessen, der han äfven syselsatte sig med försök rörande det praktiska användandet af vattenångan. År 1690 utgaf han en uppsats, der han föreslår en maskin för tillgodogörande af vattenångans mekaniska verkningar.

Apparaten utgjordes hufvudsakligen af en kopparcylinder, sluten i nedre och öppen i öfre ändan. I denna cylinder befann sig en rörlig kolf, som skulle uppdrifvas genom ångans spänstighet, hvarefter denna genom afkylning åter borde kondenseras. Då nu ånga intar ett 1 700 gånger större rum än vattnet, borde vid kondenseringen ett lufttomt rum uppstå under kolfven och denna följaktligen genom det yttre lufttrycket neddrifvas i cylindern. Med anledning

af det sistnämda verkningssättet har man kallat Papins ångmaskin atmosferisk. Säkerhetsventilen uppfans äfven af Papin och anbragtes, såsom redan är nämdt, först på hans gryta. Papin uttalade den åsigten, att det vore fördelaktigare att använda ånga af högre tryck än att kondensera henne, en ide, som 1724 vidare utvecklades af Leupold och senare tillämpades på lokomotiven.

Papins ideer rönte emellertid intet erkännande. I Tyskland, der han först offentliggjorde beskrifningen på sin atmosferiska ångmaskin, var man då, som nu, mest böjd för det, som kom utifrån.

Den engelske sjökaptenen Thomas Savery, som erhållit kännedom om Papins arbeten, uppträdde 1698 med en maskin för vattenuppfordring, hvilken han samma år lät patentera och som utgör en skicklig förening af Worcesters och Papins maskiner. Man anklagar Savery för att ha tillegnat sig Papins ideer, men, som vi sett, var ångmaskinen vid denna tid i görningen, iden dertill hade runnit upp i flera hufvuden, och ett framsteg kunde under dessa förhållanden göras samtidigt på flera ställen, utan att det behöfver förklaras genom en stöld. Saverys ångmaskin, som till sina väsentligaste delar visas af närstående figur, bestod af två pannor, *L* och *D*, med hvar sin eldstad och två ång- och vattencylindrar *P P*. Innan eldning verkställes, fylles genom de med kranar försedda öppningarna *N* och *G* pannan *L* till två tredjedelar och *D* helt och hållet med vatten, hvarefter öppningarna ång- och lufttätt tillslutas. Vattnet i pannan *L* bringas derpå i kokning, och så snart ånga bildas, öppnas kranen på cylindern *P* (som här ses i genomskärning). Ånga strömmar då genast ur *L* genom röret *O* till *P* och undantränger den der befintliga luften, hvilken utgår genom ventilen *R* och röret *S*. Så snart cylindern *P* är fyld med ånga, hvilket märkes genom upphettningen af dess botten, tillslutes kranen och den på den andra cylindern *P* öppnas, hvarvid ångan utdrifver luften äfven ur denna. Emellertid ledes en ström kallt vatten öfver den första cylindern, hvarvid ångan deri kondenseras till vatten och sålunda intar ett vida mindre rum än förut. Det tomrum, som i följd deraf uppstår i cylindern, fylles genast derigenom, att det yttre lufttrycket uppdrifver vatten i den samma ur behållaren genom den nedanför under *R* befintliga ventilen. Så snart denna cylinder blifvit fyld med vatten, öppnar man ångkranen till den samma, då ånga insläppes från *L* och trycker vattnet, liksom förut luften, genom ventilen *R* in i stigröret *S*, hvarifrån det utflyter. Ändamålet med användande af två cylindrar är att åstadkomma en vexelverkan emellan dem och derigenom en

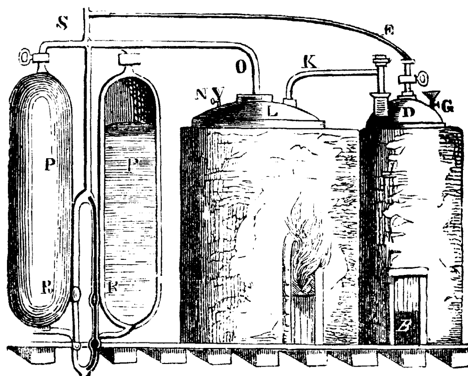


Fig. 501. Saverys ångmaskin.

oafbruten vattenuppfordring; då vattnet uppstiger i den ena, utdrifves det ur den andra och tvärt om. Röret *E* förenar stigröret *S* och pannan *D* och leder ur det förra så mycket vatten, som behöfves för att alltid bibehålla pannan full. Från *D* tvingas vattnet in i pannan *L* efter de Caus' princip sålunda, att vattnet i *D* medelst ångtryck inpressas i *L*.

Som man ser, skiljer sig Saverys maskin från Papins i en väsentlig punkt: der fattas nämligen kolfven, hvilken Papin anbragte på sin, och redan derför har man ej skäl att antaga, att den marburgske professorn blifvit bestulen.

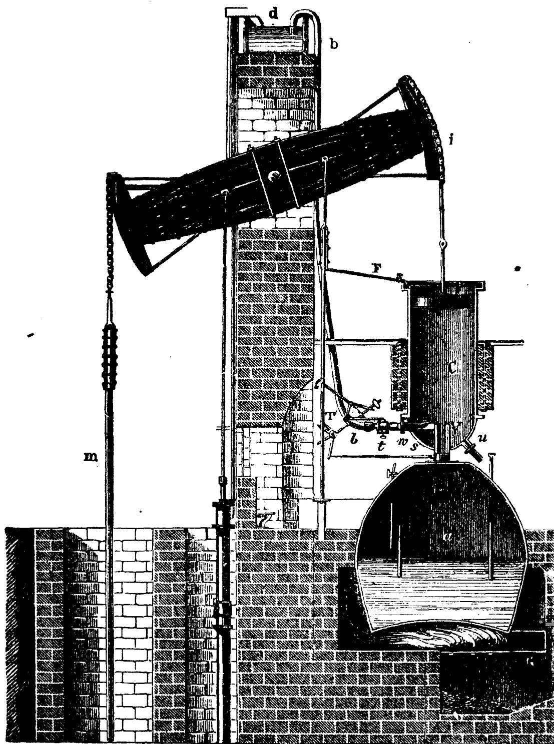


Fig. 502. Newcomens ångmaskin.

Ehuru denna maskin behöfde flera händer för sin skötsel och ännu var ganska ofullkomlig, utgjorde han dock den grundval, hvarpå våra nu varande maskiner äro utförda; ty han var den förste, som man sökte gifva en praktisk användning. Newcomen förbättrade, i det han nästan fullständigt omskapade honom, och 1705 användes den första Newcomens ångmaskin för vattenuppfordring vid bergverken i Cornwallis. Newcomens maskin är egentligen mera en atmosferisk ångmaskin, men han utgör dock föreningslänken mellan den första uppfinningen och den fullkomligare ångmaskinen, sådan han utgått ur den odödlige James Watts händer.

I Newcomens maskin (fig. 502) är ångcylindern *C* den vigtigaste delen. Han är nedtill sluten, men öppen upptill; inom honom rör sig upp och ned en massiv kolf *P*, hvars stång medelst en kedja är fäst vid ena ändan af den tvåarmade balansen *i*, hvars axel uppbäres af en mur eller pelare. I andra ändan af balansen hänger, likaledes på en kedja, kolfstången *m* till en pump, som uppfordrar vattnet. Balansens båda ändar äro utförda i form af cirkelbågar, på det att kolfstängernas lodräta riktning må kunna bibehållas. Bottnen af cylindern *C* har tre öppningar *u*, *v* och *w*, hvilka kunna tillslutas genom ventiler. Under den mellersta öppningen *v* är ångröret, hvilket från den under cylindern stående ångpannan *a* leder ångan under kolfven *P*, så att denna deraf uppdrifves i cylindern *C*, då ventilen vid *s* öppnas. Derigenom och

genom tyngden af pumpstången *m* nedsänkes denna senare i schaktet, och vattnet uppgår genom ventilen öfver pumpkolfven. Då nu ångkolfven uppnått sitt högsta läge och cylindern sålunda är fyld med ånga, öppnas kranen *t*, som tillstänger röret *b*, hvilket står i förbindelse å ena sidan med vattenbehållaren *d* och å den andra med det inre af cylindern *C*. Genom kranöppningen intränger nu en ström kallt vatten under kolfven *P*, hvarigenom den der befintliga ångan kondenseras. Det derigenom bildade vattnet afflyter tillika med det genom *t* inkomna genom ventilen *u*; under kolfven uppstår nu ett lufttomt rum, och han måste följaktligen af den atmosferiska luften, som trycker med 21,4 skålpunds vigt på hvarje qvadrattum af dess öfre yta, nedgå i cylindern och derigenom uppdraga pumpstången *m* med det öfver pumpventilen befintliga vattnet. Den kraft, som maskinen kan utveckla, beror sålunda helt och hållet på kolfvens storlek eller, hvad som är det samma, på cylinderns genomskärning. Newcomen öfvergöt först sin cylinder med vatten för att kondensera den inuti honom befintliga ångan. Men en dag märkte man, att maskinen på en gång började arbeta ovanligt fort; man sökte efter orsaken och fann, att kolfven hade blifvit otät och genomsläpt något af det öfver honom stående vattnet. Denna lyckliga tillfällighet föranledde då ångans kondensering genom insprutning af vatten inuti sjelfva cylindern, hvarigenom kolfven äfven erhöll en långt betydligare hastighet. Pannan *a* är försedd med en säkerhetsventil, som öppnar sig, så snart ångtrycket inuti blir för stort.

Af ofvan stående beskrifning kan läsaren finna, att kranarna vid *s* och *t* och på röret *u*, för att åstadkomma maskinens regelbundna arbete, måste vexelvis öppnas och slutas för hand. Denna operation fordrade mycken noggranhet och punktlighet, så vida ej maskinens gång skulle störas. Ehuru maktpåliggande, var denna befattning likväl högst enformig, och man kan ej undra på, att den arbetare, som, placerad i en nisj i muren, skulle sköta detta arbete medelst häfstångsförbindningen *T*, fann det föga angenämt. Så tyckte äfven Humphrey Potter, en gosse, som hade sig uppdraget att sköta kranarna vid en maskin i Cornwallis. Munter och liflig till lynnet, ville han gerna komma ifrån det andefattiga mekaniska arbete, som man ålagt honom. Han funderade på någon utväg dertill och lyckades också att genom snören, hvilka han fäste i balansen och de särskilda kranarna, åstadkomma en inrättning, hvarigenom maskinen sjelf med största noggranhet öppnade och slöt de sistnämda. Dessa snören utbyttes sedan 1718 af mekanikern Beighton mot vertikala jernstänger. Denna uppfinning, den s. k. regleringen, har äfven en oberäknelig vigt derigenom, att hon gjorde maskinen oberoende af en ofta försumlig arbetares uppmärksamhet, gjorde honom till en verklig maskin, medan han förut endast varit ett verktyg.

Efter den förbättring, ångmaskinen erhöll genom regleringens anbringande, utbildades han ännu vidare i England af Brindley, Smeaton och flera andra, samt i Tyskland af Fischer von Erlach. Detta oaktadt utgjorde han likväl ännu en temligen klumpig och ofullkomlig maskin, tills han genom James Watt undergick en fullständig ombildning.

James Watt föddes 1736 i Greenock i Skotland. Han hade som barn en klen helsa, och det var sannolikt denna omständighet, han hade att tacka för, att han fick välja just sådana nöjen och sysselsättningar, för hvilka han hade största lusten. Då han ej kunde deltaga i andra barns bullrande lekar, fick han så mycket mera anledning att öfverlemna sig åt sina funderingar. Det berättas, att han redan i sitt sjette år syselsatte sig med Euklides' problem och att han ej, som andra barn, roade sig med sina leksaker, utan helst med tillhjelp af en liten verktygssamling, som han fått af sin far, söndertog och åter hopsatte dem eller ock förfärdigade nya efter de rön han gjort. Ja, det lyckades honom till och med att hopsätta en liten elektricitetsmaskin, med hvilken han anstälde de då bekanta experimenten i denna väg. Watt sökte ständigt utgrunda orsaken till de företeelser, han varseblef, och hans tankfulla, oaflåtligt forskande sinne ådrog honom ofta misstankar att vara trög till förståndet. Man märkte ej heller hos honom några blixtrande ideer, men en beundransvärd förmåga att klart uppfatta allt, hvad han såg, både till dess orsak och följder.

Vid 19 års ålder kom Watt i lära hos mekanikern Morgan i London. Han behöfde tolf dagar för resan dit och anade väl då knappast, att man en gång genom hans uppfinning skulle kunna göra samma färd på lika många timmar. Han stannade blott ett år i London, hvarefter han återvände till Glasgow, der han sedermera fick anställning som mekaniker vid universitetet. Vid den tiden lefde der den utmärkte statsekonomen Adam Smith; han fattade välvilja för Watt och besökte honom nästan dagligen. Flera af den förres vänner intresserade sig äfven för den unge flitige mekanikern, och snart blef Watts bostad en samlingsplats för lärare och studenter. En af hans samtida, som sedan trädde i förbindelse med Watt, berättar: "Såsom älskare af matematiska och mekaniska studier, blef jag af några bekanta presenterad för Watt. Jag väntade mig få se en simpel arbetare, och till utseendet var det äfven en sådan, jag hade framför mig; men hur öfverraskad blef jag ej, då jag vid närmare bekantskap i honom fann en vetenskapsman, hvilken, ehuru ej äldre än jag, likväl var i stånd att gifva mig upplysande svar på alla de frågor i mekanik och naturkunnighet, hvarom jag begärde att få höra hans mening. Jag ansåg mig ha kommit temligen långt i mina studier, men fann nu, att Watt var mig vida öfverlägsen. Det samma var äfven förhållandet med mina kolleger. Så snart vi stötte på någon svårlöst fråga, vände vi oss till Watt, som alltid kunde hjelpa oss att reda henne, men för honom blef hvarje sådan fråga en anledning till allvarliga studier och undersökningar, och han gaf sig aldrig, förr än han antingen öfvertygat sig om sakens obetydlighet eller deraf gjort, hvad som kunde göras. Dessa egenskaper i förening med den största anspråkslöshet och hjertegodhet gjorde, att alla, som kände honom, egnade honom den uppriktigaste vänskap och tillgifvenhet."

Som det synes, började Watt 1762 och 1763, då han gjorde flera försök med Papins gryta, att på allvar syselsätta sig med ångans natur och användbarhet; men det var egentligen det följande året, han infördes på den

väg, som skulle göra honom så ryktbar. Bland universitetets samlingar befann sig äfven en modell af Newcomens ångmaskin, som begagnades vid föreläsningarna i mekanik. Denna modell hade i följd af några konstruktionsfel aldrig kunnat bringas i gång, och man uppdrog nu åt Watt att sätta honom i ordning, hvilket uppdrag han äfven till fullkomlig belåtenhet utförde; men han stannade ej härvid. Hans skarpa blick upptäckte snart, hvar orsaken låg till den bristfälliga verkan, Newcomens maskin gaf. Denna maskin hade två oeftergifliga fordringar, nämligen vatten af en mycket hög temperatur och ett så mycket som möjligt lufttomt rum under kolfven. Detta senare vilkor kunde dock ej uppnås blott genom insprutning af vatten i cylindern, hvaraf dessutom den olägenheten uppstod, att ångan vid beröring med de afkylda sidorna och kolfytan till en del kondenserades, innan hon utfört sitt arbete, hvaraf en betydlig kraftförlust uppstod.



Fig. 503. James Watt.

Insigten häraf ledde Watt till uppfinningen af den isolerade kondensorn, hans första och kanske vigtigaste uppfinning. Denna apparat består af ett särskildt kärl, dit ångan efter förrättadt arbete i cylindern införes och der hon kondenseras. Denna uppfinning gjordes 1765. År 1769 uttog han patent på en enkelt verkande ångmaskin, med särskild kondensor, hvari kallt vatten insprutades, en luftpump och en förbättrad kolf. Samma år tog han äfven patent på den slutna cylindern med sjelfreglering. Derigenom, att Watt lyckades bättre tillgodogöra ångan, uppkom en så stor besparing af brännmaterial, att man med en centner kol erhöll samma resultat som förut med fyra. En annan betydande förbättring hos Watts ångmaskin var den, att kolfvens nedgång ej längre åstadkoms genom lufttrycket, utan genom ångan. Detta skedde derigenom, att ånga vexelvis fördes öfver och under kolfven; det erforderliga tomrummet erhölls genom det nyss nämda kondenseringssättet. Först tre år sedan Watt bragt dessa uppfinningar till stånd, lyckades han erhålla medel att utföra dem i så stor skala, att industriidkare kunde öfvertygas om deras nytta. Han förenade sig nämligen med en rik engelsman, dr Roebuck, på det vilkor, att denne skulle erhålla två tredjedelar af vinsten, och fick på detta

sätt medel att konstruera en större maskin, som gaf ett fullkomligt tillfredsställande resultat.

I följd af misslyckade spekulationer af Roebuck och dermed sammanhängande betydliga förluster varade denna förbindelse blott några år. En svår pröfningstid började nu åter för den medellöse Watt, tills han ändtligen 1774 satte sig i förbindelse med Matthew Boulton i Soho nära Birmingham. I dennes vidsträckta industriela etablissement fann han nu allt, hvad han behöfde för sina planers utförande.

Anläggningarna i Soho voro redan då de utmärktaste och bästa i hela landet. Ifrån den storartade maskinfabrik, som anlades af Boulton och Watt, utgingo under en lång tid nästan alla de ångmaskiner, som användes i England, Amerika och största delen af Europa; och till och med ännu, då ångmaskinstillverkningen bedrifves i nästan alla civiliserade länder, äro verkstäderna vid Soho ständigt öfverhopade af beställningar.

Med egaren till dessa verkstäder förenade sig alltså Watt till gemensamt utförande af sitt patent, som han lyckades få förlängdt med 17 år. Från denna tid egnade han sig helt och hållet åt fullkomnandet af sin ångmaskin i alla hans särskilda delar. Då de hittills bygda ångmaskinerna hufvudsakligen användes till vattenuppfordring vid grufvor, hade man, såsom förut är nämdt, upphängt pumpkolfven omedelbart på balansen midt emot ångkolfven. Dervid uppkommo likväl stundom oregelbundenhet och osäkerhet i den senares gång, i synnerhet då han började sin upp- och nedgående rörelse. Watt lyckades fullkomligt undanrödja denna olägenhet derigenom, att han förvandlade kolfvens rätliniga rörelse till en cirkelformig, lät maskinen kringdrifva ett tungt hjul af jern, svänghjulet, hvilket, då det en gång blifvit satt i rörelse, i följd af framhärdighetslagen fortsatte denna rörelse äfven någon tid efter den drifvande kraftens upphörande. Derigenom uppfyllas mellanpauserna, då maskinen öfvergår från en rörelse till en annan, alltså egentligen ej arbetar (de döda punkterna), och maskinens gång, som förut afbröts af högst förderfliga stötar, blir allt igenom jemn och likformig. Från svänghjulsaxeln fortledes sedan rörelsen till de af ångmaskinen drifna arbetsmaskinerna.

En annan oregelbundenhet i maskinens gång uppkom derigenom, att man ej kunde ständigt bibehålla elden vid samma styrka. Ångutvecklingen kunde dervid ej blifva likformig, och maskinen arbetade olika vid olika ångtillgång. Watt sökte afhjelpa denna svårighet genom anbringande af en rörlig klaff eller ventil i det rör, som leder ångan från pannan till cylindern. Med denna ventil kunde röret och följaktligen äfven förbindelsen mellan ångpannan och cylindern afstängas eller öppnas. Allt efter som nämda ventil mer eller mindre öppnas, blir ock ångtilloppet större eller mindre, och man kan sålunda härigenom reglera maskinens gång. Genom en sinnrik anordning stälde Watt så till, att maskinen sjelf reglerar denna ventil och tillsluter honom något, då kolfslagen blifva för hastiga, hvarigenom ångtilloppet minskas; då maskinen börjar gå långsammare, öppnas åter ventilen, och mera ånga inströmmar, så att hastigheten ökas. Vi ha i afdelningen om centrifugalkraften (sid. 106)

lärt känna den princip, hvarpå denna så kallade regulators verkningssätt hvilar.

Vid sina första förbättringar hade Watt ännu allt jemt Newcomens atmosferiska ångmaskin för ögonen. Emellertid var denna visserligen lämplig för

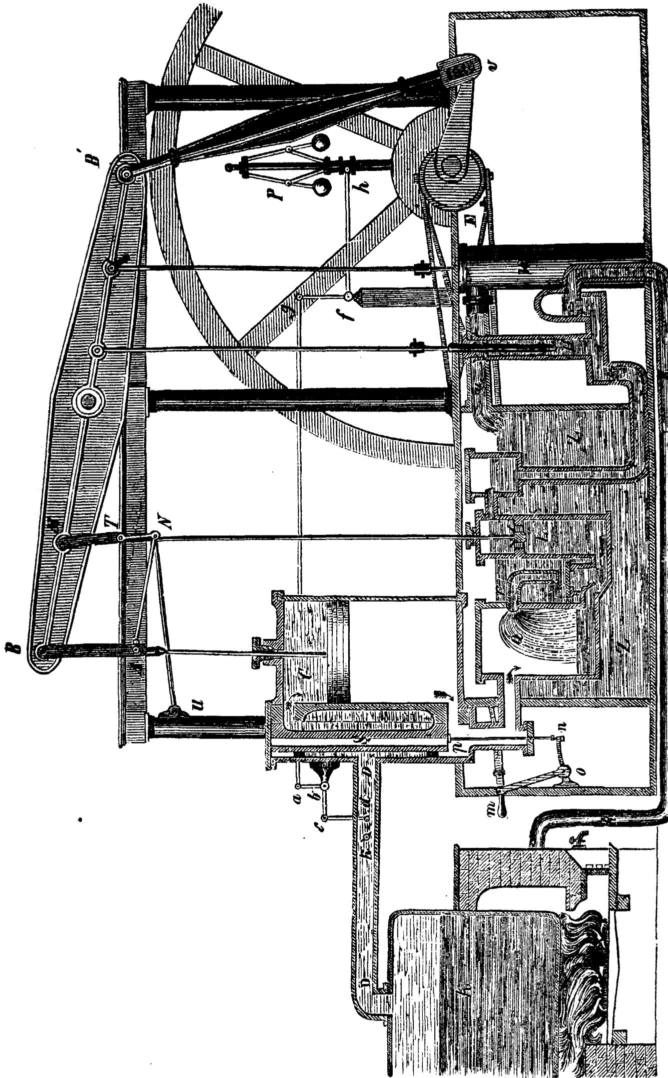


Fig. 504. Watts dubbelt verkande ångmaskin i skematisk framställning.

vattenuppfordring, men ej för åstadkommande af den regelbundna effekt, som skulle omgestalta hela tekniken. Denna triumf firade Watt med uppfinningen af den dubbelt verkande ångmaskinen, som daterar sig redan från 1774, men i den gestalt, som fig. 505 visar, först framträder 1782.

Innan vi öfvergå till beskrifningen af denna särdeles ändamålsenliga och vackra utveckling af ångmaskinen, måste vi först omnämna den förändrade form, som cylindern erhållit derigenom, att ångan verkar på båda sidorna om kolfven. Han är nämligen sluten i båda ändarna, och på hans öfre lock är ett rundt hål, hvaruti kolfstången måste passa så noga, att ingen ånga derigenom

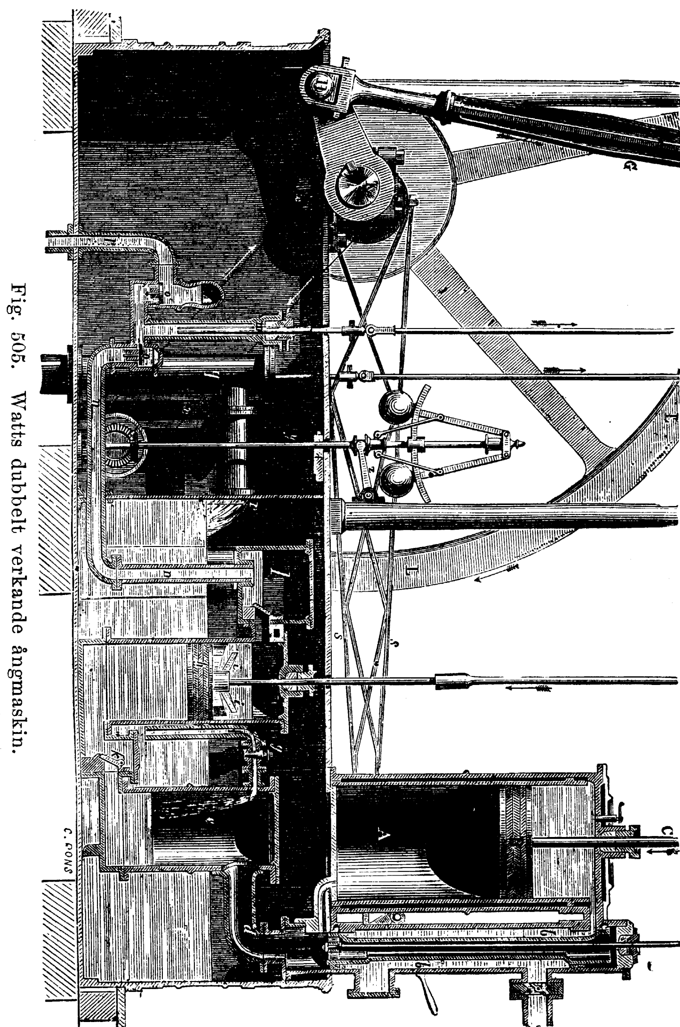


Fig. 505. Watts dubbelt verkande ångmaskin.

kan bortgå. Denna tätning åstadkommes genom en i cylinderns lock anbragt, tätt tillskrufvad s. k. packdosa, fyld med dref eller hampa, genom hvilken kolfstången går utan att komma i beröring med sjelfva metallen. Då stången är glattpolerad, blir friktionen härvid högst obetydlig.

Från ångpannan *k* (fig. 504) strömmar ångan genom röret *D D* in i slidskåpet *S*, hvarifrån hon medelst den upp- och nedgående sliden, hvilken vi

längre fram skola närmare beskrifva, ledes vexelvis öfver och under kolfven *C*, hvarigenom denna drifves vexelvis nedåt och uppåt. Från kolfven öfverföres rörelsen medelst kolfstången till balansen och från denna medelst vefstaken och vefven till svänghjulsaxeln, hvarifrån kraften öfverföres till de arbetsmaskiner, för hvilkas drifvande ångmaskinen är afsedd. Från svänghjulsaxeln erhålles dessutom rörelsen till regulatorn och sliden; från balansen drifvas matarpumpen samt de för ångans kondensering och bortskaffande erforderliga pumparna. Maskinen är således sjelfreglerande och sjelfmatande, det senare dock endast i afseende på vattnet, som han förbrukar. Med erforderligt bränsle måste han förses af eldaren.

Regleringen af maskinens hastighet verkställes af en pendelregulator derigenom, att han ökar eller minskar ångtilloppet. I ångröret *D* sitter vid *K* en s. k. drottelventil, som i olika ställningar framsläpper mer eller mindre ånga. Ställningen af denna regleringsventil bestämmes af den till höger midt öfver svänghjulsaxeln synliga regulatorn; då hastigheten växer, växer äfven den på pendelkulorna verkande centrifugalkraften, kulorna stiga och upplyfta dervid den med pendelstängerna förenade regulatorshylsan, som medelst häfstångsförbindningen *h f g a b c* verkar på drottelventilen och minskar ventilöppningen. Då hastigheten minskas, sjunka kulorna och regleringen verkställes i motsatt riktning. Sliden erhåller sin rörelse medelst slidstången *p n* från vinkelstången *n o m*, hvilken åter igen får sin rörelse från den på svänghjulsaxeln sittande excenterskifvan *E*.

De i maskinens undre del liggande apparaterna tjena till ångans kondensering och pannans matning. Rummet *Z* utgör en cistern, fyld med kallt vatten, som, i den mån det förbrukas, ersättes af kallvattenspumpen. Den från cylindern kommande ångan kondenseras i kondensatorn *Q*, som för detta ändamål hålles afkyld dels derigenom, att han helt och hållet är omgifven af kallt vatten, och dels genom en i honom inströmmande kall vattenstråle, som vid sin inströmning fördelas i en fin regndusch. Emedan trycket i kondensatorn är betydligt lägre än det yttre, inströmmar vattenstrålen med en temligen stor hastighet. Det genom ångans kondensering bildade, äfvensom det i kondensatorn insprutade vattnet bortskaffas medelst pumpen *L*, hvilken fått namn af luftpump, emedan han äfven bortskaffar den kondensationsvattnet medföljande luften, hvilken, då det inkommer i kondensatorn, afskiljes ur vattnet, dels derigenom att det uppvärmes, dels emedan det i kondensatorn utsättes för ett lägre tryck. Det af luftpumpen ur kondensatorn utpumpade vattnet utströmmar i en behållare, hvarifrån det dels bortrinner, dels medelst en liten pump, den s. k. varmvattens- eller matarpumpen *H*, intryckes i ångpannan. Rörledningen från denna pump till ångpannan synes å figuren, som äfven visar en å honom anbragt vindkittel, afsedd att förvandla vattnets stötvisa rörelse i en oafbruten ström.

Till venster om maskinen i närheten af pannan synes ett från excenterstången utgående handtag, som ingriper i ena ändan af häfstången *n o m*, medelst hvilken sliden får sin upp- och nedgående rörelse.

Då maskinen befinner sig i hvila och skall sättas i gång, bringas sliden medelst en ryckning i handtaget *m* ur sitt medelläge, hvarefter ångan sätter kolfven i rörelse; maskinen kommer i gång och han sedan sjelf håller sliden i rörelse.

Ännu en detalj förtjenar omnämnas: den s. k. parallelogrammen, en likaledes af Watt uppfunnen inrättning, afsedd att åstadkomma kolfstångens rätliniga styrning. Emedan kolfstången går genom en tätt slutande packdosa och således, då sjelfva cylindern är stillastående, måste hafva en rätlinig rörelse, kan hon tydligen ej omedelbart förenas med balansen, hvars ända tydligen beskrifver en cirkelbåge; det var derför nödvändigt att mellan kolfstången och balansen insätta någon förbindning, hvarigenom kolfstångens rätliniga rörelse på ett enkelt och ändamålsenligt sätt kunde öfverföras till balansens krokliniga. Denna uppgift löstes af Watt (1784) på ett särdeles enkelt och snillrikt sätt, som vi förtydliga i nedan stående fig. 506.

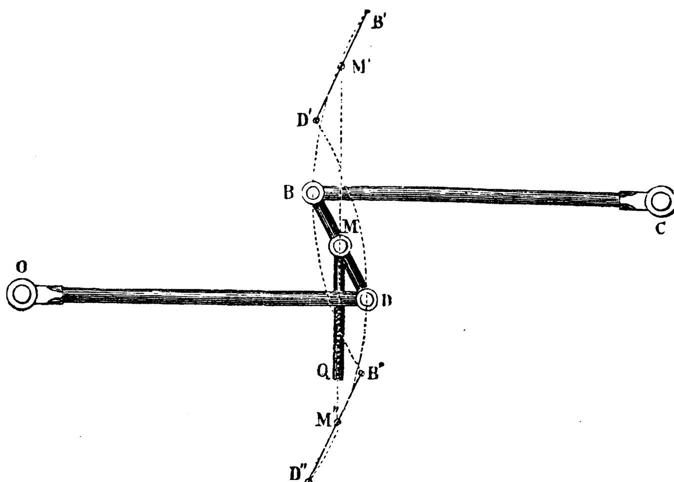


Fig. 506. Watts parallelogram.

$C\,B$ och $O\,D$ äro två armar eller häfstänger, som röra sig kring tapparna C och O. Då de af kolfstången $Q\,M$ föras upp och ned, beskrifva punkterna B och D de medelst prickade linier utmärkta cirkelbågarna B'' B' och D'' D'. Tvärstycket $B\,D$, som förbinder häfstängernas fria ändar med hvarandra, deltager i den upp- och nedgående rörelsen utan att hindra häfstängernas rörelse annorlunda, än att det alltid bibehåller afståndet mellan B och D oförändradt. Vrider sig den högra häfstången så, att B kommer till B', har den venstra hunnit till D', och tvärstycket intager läget B' D'. Vid häfstängernas lägsta läge befinner sig B i B'' och D i D'' och tvärstycket i läget B'' D''. Midtpunkten M af tvärstycket rör sig härvid i en linie, som så nära sammanfaller med en lodrät rät linie, att afvikningen ej medför någon olägenhet för maskinens gång. Fästes kolfstångens öfre ända i tvärstyckets midtpunkt, erhåller hon således den rätliniga styrning, som fordras. $C\,B$

utgör då ena hälften af balansen och $O\ D$ en häfstång, hvars axel O fästes antingen i en bredvid befintlig mur eller i ställningen, som uppbär och förbinder maskinens särskilda delar. Emedan en balansmaskin vanligen äfven är en kondenserande maskin, och till en sådan, som förut är nämdt, fordras en s. k. luftpump, hvars kolfstång likaledes behöfver en rätlinig styrning, fästes i balansen ytterligare ett tvärstycke, parallelt och lika stort med $B\ D$. Båda tvärstyckenas nedre ändar förbindas med en stång, som tvingar dem att i alla lägen bibehålla sin parallelism. Midtpunkten af det senare tvärstycket användes till fästpunkt för luftpumpens kolfstång. Båda tvärstyckena jemte stängerna, som förbinda dem, bilda den parallelogram, som vanligen kallas Watts parallelogram (fig. 504 och 507). Parallelogrammens rörelse erbjuder någonting så prydligt och elegant, att han äfven på en icke fackman gör intrycket af en sinnrik uppfinning.

Ett oeftergifligt vilkor för ångans fördelaktiga verkan inom maskinen är tydligen, att kolfven skall sluta ångtätt mot cylindern. På lågtrycksmaskiner verkställes denna tätning eller packning dels medelst hampflätor, lindade omkring kolfven, dels, och på högtrycksmaskiner alltid, af kring kolfven liggande metallringar, antingen af tackjern eller brons. Dessa ringar ligga i motsvarande fördjupningar i kolfvens omkrets. De gjutas så, att deras diameter blir något större än cylinderns, och afskäras sedan samt hopböjas, hvarigenom de lindrigt trycka mot cylinderns sidor och göra tätt, ända tills de blifvit utslitna. Stundom anbringas äfven stålfjädrar bakom ringarna för att trycka dem mot cylindern.

Ångmaskinen, sådan han fans före Watts uppträdande, användes endast till vattenuppfordring och var äfven för detta ändamål temligen otymplig. Först genom de af Watt införda förbättringarna blef han en drifkraft af allmännare användbarhet för industriela behof, och med hans tillhjelp tog äfven den industriela företagsamheten ny fart. Nya utvägar till utkomst och förvärf öppnades, sjöfarten, handeln, samfärdseln mellan skilda folk, brefvexlingen, med ett ord all fredlig idrott har skördat oskattbara fördelar af Watts arbeten.

Då tiden för Watt-Boultons patent gick till ända, drog sig Watt tillbaka till sin landtgård Heathfield vid Birmingham, der han egnade sig åt studier och landtlifvets behag, tills han den 25 augusti 1819 slutade sina dagar. Han hade under sitt lif visserligen fått erfara de motgångar och obehag, en uppfinnare svårligen kan undgå, men hade äfven den sällsynta lyckan att med egna ögon få se de storartade frukterna af sina arbeten.

Watts snille och kunskaper voro af en mycket mångsidig art, och hans arbeten omfattade ej blott ångmaskinen, utan beröra äfven upptäckter inom kemin och fysiken. Så t. ex. är det otvifvelaktigt Watt, som först upptäckt vattnets sammansättning; lika så är klorblekning en af hans uppfinningar. Äfven har man honom att tacka för metoden att uppvärma större rum med ånga. Bland andra mindre uppfinningar, som härstamma från honom, kunna vi nämna brefkopiepressen (patenterad 1780).

Till Papins af missöden och olyckor uppfylda lefnad var Watts i många hänseenden en fullkomlig motsats. Båda voro män af framstående snillegåfvor, och båda lemnade i sina uppfinningar efterverlden ett dyrbart arf, men då Papin med en vacklande och svag karakters ostadighet egnade sig än åt ett, än åt ett annat, utan att fullständigt utarbeta något, ständigt böjd att öfverskatta vigten af sina ideer och förbise svårigheten af deras utförande, gick Watt med öppen blick och skarp urskilning lugnt sin väg

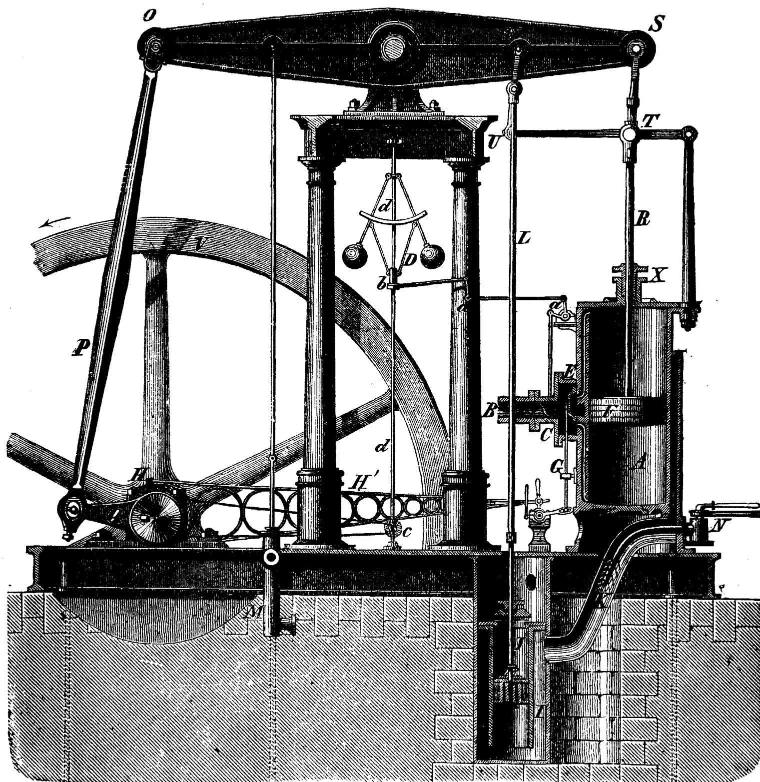


Fig. 507. Watts ångmaskin, nyare konstruktion.

A ångcylinder. *F* kolf. *X* packdosa. *R* kolfstång. *S T U W* parallelogram. *S O* balans. *P* vefstake. *Q* vef. *V* svänghjul. *H* excenterskifva. *H'* excenterstång. *G* slidreglering. *B* ångrör från pannan. *C* drottelventil. *E* slidskåp. *D* centrifugalregulator. *a a* regulatorshäfstång. *b* regulatorshylsa. *I* kondensator. *J* luftpump. *K* inloppsrör för kylvattnet. *N* sugrör. *M* matarpump.

fram till ett bestämdt mål och förvärfvade sig genom klokhet och energi ett ekonomiskt oberoende, som satte honom i stånd att utan afbrott egna sig åt vetenskapen och ett bestämdt fack. Visserligen hade han i Boulton, som i karaktersfasthet, förstånd och godhet var lika utmärkt som han sjelf, ett stöd och en vän, en fördel, som Papin saknade. Men den vänskap, Watts karakter förvärfvade honom, var måhända för Papin omöjlig att vinna. Vi kunna väl således ej klandra Papins samtida för det de ej vederbörligen upp-

skattade honom, liksom vi å andra sidan måste erkänna rättvisan af den hyllning, som egnades Watts förtjenster, då hans bildstod upprestes i Westminster abbey.

Lågtrycksmaskinen har sedan Watts tid ej undergått några väsentliga förändringar. Jemföra vi en nyare maskin med Watts, finna vi möjligen en lämpligare anordning, vackrare former samt en och annan bättre konstruerad detalj, men någon väsentlig förbättring eller olikhet med Watts senaste lågtrycksmaskin, sådan han visas i fig. 504, finna vi icke.

I lågtrycksmaskinen användes ånga af en temperatur, som blott obetydligt öfverstiger 100°, och således ett tryck föga öfverstigande atmosfertrycket. I följd deraf, att ångan framför kolfven står i förbindelse med kondensatorn, hvarest råder ett tryck af blott 0,3 till 0,1 atmosfer, är tryckskilnaden framför och bakom kolfven ändock temligen stor. Sedan lågtrycksmaskinen var utförd, låg dock den tanken nära till hands att använda ånga af högt tryck och låta henne, sedan hon verkat på kolfven, utströmma i fria luften. Härigenom skulle man kunna undvara kondensatorn och luftpumpen samt således erhålla en ej obetydligt enklare konstruktion. Ångmaskinen skulle derigenom äfven vinna i användbarhet, emedan den mängd kondensationsvatten, som vid många tillfällen fordras, ej kan anskaffas. Ehuru Watt utan tvifvel insåg dessa fördelar, utförde han dock aldrig någon högtrycksmaskin. Som denna maskins uppfinnare anses Richard Trevithick, hvilken först konstruerade dylika maskiner af flyttbar beskaffenhet, men sedan utförde dem med flerfaldigt olika anordningar. Samtidigt med Trevithick arbetade i Amerika Olivier Evans på införande af högtrycksmaskinen, som han alldeles oberoende af Trevithick konstruerat.

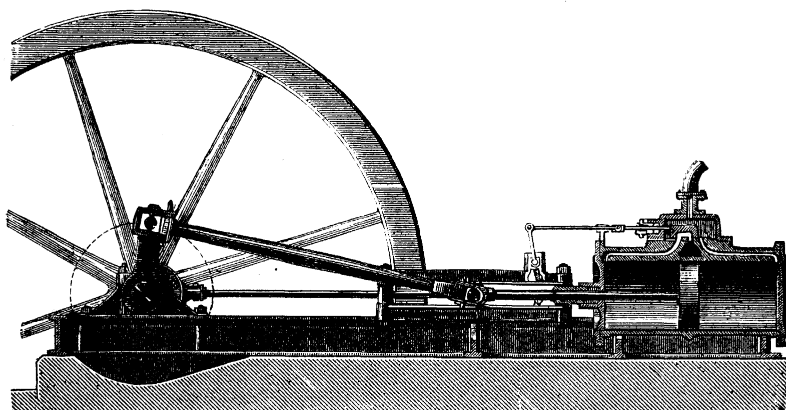


Fig. 508. Högtrycksmaskin med liggande cylinder.

Så väl i Watts lågtrycksmaskin som i de första högtrycksmaskinerna var ångans tryck i cylindern bakom kolfven i det allra närmaste oföränderligt under hela kolfslaget. År 1781 föreslogs af Hornblower att låta ångan verka med expansion, d. v. s. att afstänga ångtilloppet före kolfsla-

gets slut och låta ångan under den återstående delen deraf utvidga sig. Hornblowers maskin var dock ingenting annat än en Watts lågtrycksmaskin med expansion, och så länge watt-boultonska patentet räckte, fingo dylika maskiner endast af patentinnehafvarna tillverkas. Emellertid erhöll Hornblower patent på expansionsiden. Sedan tiden för detta patent utgått, tog Arthur Woolf 1804 patent på en maskin, i hvilken ångan verkade efter hvartannat i två cylindrar. Han begagnade ånga af högt tryck och dref expansionen jemförelsevis långt. Hans maskin består af en mindre högtryckscylinder, bredvid hvilken står en större cylinder med lågtryck. Då ångan verkat med högt tryck och merendels utan expansion i den mindre cylindern, öfvergår hon till den större, der hon verkar med expansion, innan hon inströmmar i kondensatorn.

Emellertid insåg man snart, att det är vida enklare att låta expansionen försiggå i den första cylindern och lemna den andra alldeles å sido. Detta uppnås, såsom nämdt är, derigenom, att man före kolfslagets slut tillstänger ångtilloppet. Nu mera konstrueras de flesta stationära maskiner sålunda, antingen man begagnar kondensator eller ej. Då, såsom vid större industriela anläggningar vanligen är fallet, en ångmaskin drifver flera arbetsmaskiner, hvilka ej alltid samtidigt äro i verksamhet, är behofvet af drifkraft temligen föränderligt. Häraf har man föranledts att konstruera maskiner med föränderlig expansion, d. v. s. en expansionstillställning, medelst hvilken expansionsgraden i hvilket ögonblick som helst kan ändras och man således kan efter eget godtfinnande bestämma öfver ångförbrukningen. Härigenom vinnes en betydlig bränslebesparing. På senare tiden har man äfven konstruerat maskinen så, att han sjelf reglerar expansionen i mån af den kraft, som erfordras. Det är emellertid tydligt, att om expansionen drifves långt i en enda cylinder, blir maskinens arbete derigenom ojemnt, emedan ångtrycket är så betydligt svagare i slutet af kolfslaget än i början. Denna olägenhet undvikes genom Woolfs eller, som han måhända rättare borde heta, Hornblowers ide att använda två cylindrar, af hvilka den ena är uteslutande expansionscylinder.

Högtrycksmaskinerna äro i följd af sin enkelhet samt emedan de ej behöfva något kondensationsvatten användbara till många behof, der kondensations- eller, som han vanligen kallas, lågtrycksmaskinen ej kan begagnas. På ett lokomotiv t. ex., der sjelfva maskinen måste intaga minsta möjliga utrymme och medförande af kondensationsvatten är en praktisk omöjlighet, kan en lågtrycksmaskin tydligen ej användas. I fråga om stationära maskiner bestämma lokala förhållanden, huru vida kondensation bör användas eller icke. En högtrycksmaskin af en ofta förekommande form visas i fig. 509.

Då på en högtrycksmaskin den begagnade ångan vid sin utströmning ur cylindern måste öfvervinna det yttre lufttrycket eller en atmosfer, är tydligt, att, om en sådan maskin använder ånga af 4 atmosferers tryck, tryckskilnaden på ömse sidor om kolfven, eller det s. k. effektiva trycket, endast uppgår till 3 atmosferer. Begagnas åter kondensation, blir trycket framför kolfven så obetydligt, att nästan hela ångtrycket kommer maskinen till godo.

Då de flesta arbetsmaskiner ha en roterande rörelse, var det helt naturligt, att man äfven skulle söka göra ångmaskinens rörelse direkt roterande och ej, som hon vanligen är, fram- och återgående, hvilken rörelse sedan medelst vefstake, vef och svänghjul förändras till roterande. Dessa försök ha

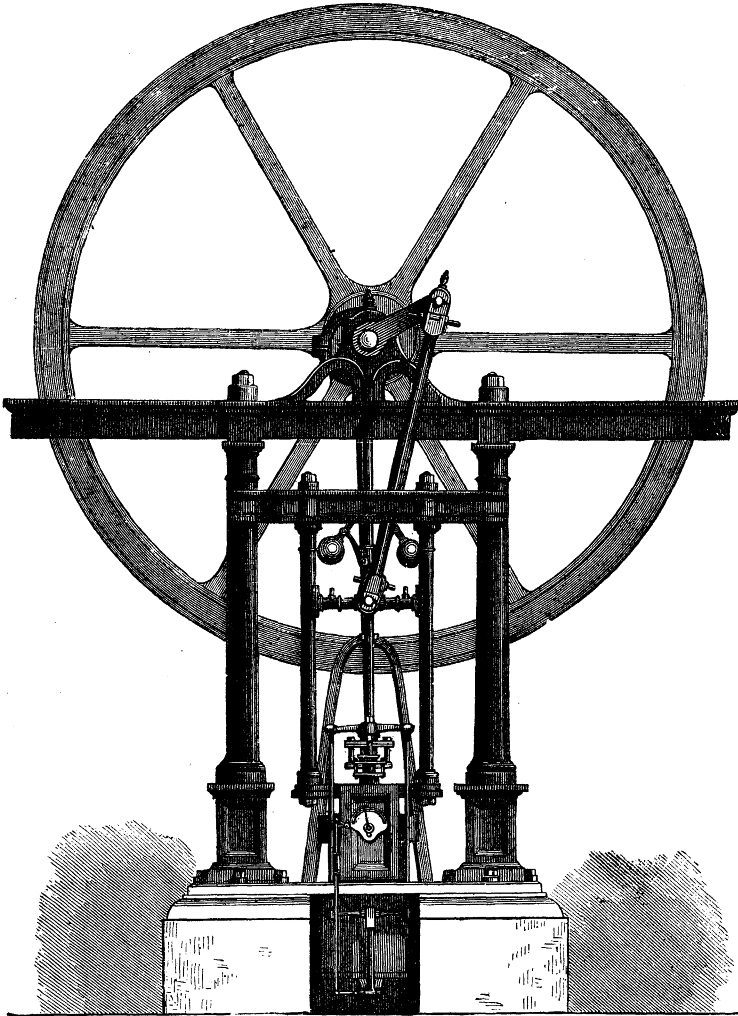


Fig. 509. Högtrycksmaskin med stående cylinder.

haft till resultat en mängd roterande ångmaskiner af flera olika konstruktioner, af hvilka många äro framstälda af utmärkta ingeniörer, dock utan att en enda ännu haft någon nämnvärd framgång. Den af dessa, som vunnit största användning, är en i England för flera ändamål använd disc-engine. Han utmärker sig för mycken enkelhet, men har ännu ej lyckats erhålla någon

synnerlig spridning utom England. Den firma, "Patent-disc-engine-company", som ensam tillverkar dessa maskiner, levererar dem från 1 till 20 hästars effekt.

Ångfördelningen. Sliden. Två vigtiga delar af ångmaskinen, parallelogrammen och regulatorn, ha vi redan omnämt. Det återstår att kasta en blick på några andra hjelpmekanismer, som med tiden undergått betydliga förändringar. I synnerhet förtjena sätten för ångans ledning till och från cylindern att närmare skärskådas. Till en början begagnades härför klaffventiler och kranar, i synnerhet den fyravägiga kranen, tills man slutligen mera allmänt öfvergick till den nu brukliga slidventilen eller, som han vanligen kallas, sliden. Han förekommer under flera olika former, men den vanligaste är den s. k. muslesliden (fig. 510 och 511). Rörande sig öfver öppningarna till de i cylinderväggarna anbragta ångkanalerna *H* och *I*, verkställer han derigenom ångfördelningen så, att rummet i cylindern bakom kolfven sättes i förbindelse med ångpannan, rummet framför kolfven på lågtrycksmaskiner med kondensatorn och på högtrycksmaskiner med fria luften eller skorstenen. Den ena figuren visar sliden i hans öfre, den andra i hans nedre läge. Den från ångpannan kommande ångan inströmmar genom öppningen *S* i det sliden omgifvande rummet, det s. k. slidskåpet. Då sliden intar sin öfre ställning, strömmar den friska ångan från slidskåpet genom ångkanalen *I* in under kolfven och drifver honom uppåt; den i rummet öfver kolfven befintliga ångan bortgår genom kanalen *H* till afloppsröret *T*. Då sliden intar sitt nedre läge, inströmmar frisk ånga genom ångkanalen *H* öfver kolfven, och den förbrukade ångan bortgår genom kanalen *I* till afloppsröret *T*. I de här framstälda båda yttersta lägena gör sliden ett kort uppehåll i sin rörelse. I sitt medelläge har han deremot sin största hastighet, emedan här båda ångkanalerna äro afstängda så väl för den tillströmmande som för den afgående ångan, hvaraf är tydligt, att om slidens rörelse här vore långsam eller ingen, skulle ångan framför kolfven sammantryckas, hvilket tydligen endast kunde motverka kolfvens rörelse; drifves sammantryckningen för långt, kan cylindern sprängas eller sliden kastas ur sitt läge.

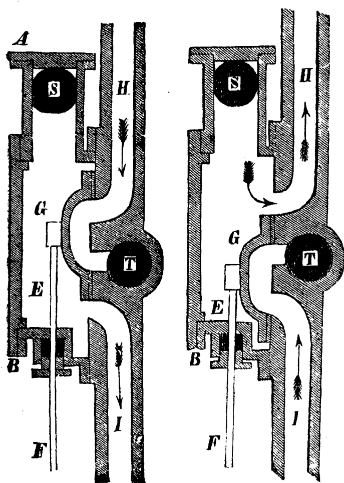


Fig. 510. Fig. 511.
Slidens teori.

I följd deraf, att ångtrycket är större i slidskåpet än i afloppskanalen, tryckes sliden mot ytan, hvarpå han glider. Häraf vållas friktion och hinder för slidens rörelse, som kan förorsaka en temligen betydande kraftförlust. För att undvika denna olägenhet har man konstruerat sjelfbalanserande slider,

så inrättade, att ångtrycket verkar lika åt alla håll och friktionsmotståndet således inskränkes till det minsta möjliga.

Det är tydligt, att om de ytor, hvarmed den enkla musleslidén glider mot cylindern, förlängas, afstänges ångtilloppet tidigare, eller, hvilket är det samma, ångan får verka mera medelst expansion. Men härmed följer den olägenheten, att afloppskanalen äfven på samma gång afstänges tidigare, d. v. s. att ångan framför kolfven sammantryckes. Det menliga inflytandet af denna sammantryckning kan dock till en del upphäfvas derigenom, att man ger det skadliga rummet tillräckligt stora dimensioner. Med skadligt rum menas, såsom vi förut i afdelningen om luftpumpen nämt, det spelrum, som måste finnas mellan cylinderbottnen och kolfven, då denna står i sitt yttersta läge. Om detta spelrum ej funnes, skulle den minsta rubbning i cylinderns och vefaxelns inbördes läge eller någon orenlighet eller till vatten kondenserad ånga, som inkomme i cylindern mellan kolfven och cylinderbottnen, vara tillräcklig att sönderspränga cylindern.

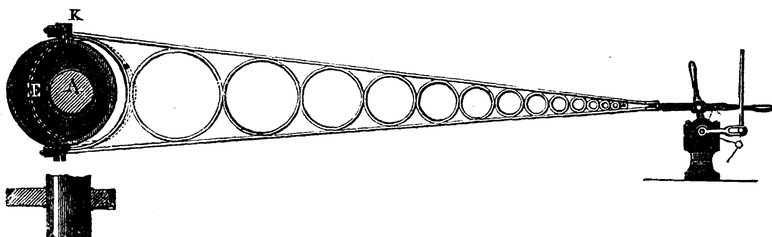


Fig. 512. Cirkulär excenterskifva med excenterstång.

Skall expansionen drifvas till någon betydligare grad, och i synnerhet om föränderlig expansion skall användas, begagnas ofta två slider, af hvilka den ena, fördelningssliden, endast besörjer ångans ledning öfver och under kolfven, och den andra, expansionssliden, reglerar ångtilloppet till den förra. De kombineras stundom med en tillställning, hvarigenom expansionen kan förändras under maskinens gång, dels för hand af maskinisten, dels medelst regulatorn af maskinen sjelf.

Man har äfven till fördelningsslid användt en s. k. kolfslid, hvilken verkar på alldeles samma sätt som en enkel musleslid. Slidskåpet utgöres då af ett rundt rör, i hvilket slidstången med två derpå fästa kolfvar rör sig. Kolfvarna röra sig ångtätt i det nämda röret och sitta på ett afstånd från hvarandra, som i det närmaste är lika med afståndet mellan de båda ångkanalerna. Då sliden står i sitt öfversta läge, stå båda kolfvarna öfver öppningarna till ångkanalerna, följaktligen strömmar ångan in i den öfre och ut genom den undre kanalen. Då kolfvarna intaga sitt nedersta läge, blir förhållandet omvändt.

Excenterskifvan. Ångfördelningen verkställes således, som vi sett, genom den fram- och återgående rörelsen hos stången F (fig. 510), hvilken rö-

relse merendels åstadkommes genom en på svänghjulet sittande excenterskifva. Fig. 512 visar utseendet af en dylik excenterskifva med excenterring och excenterstång. Excenterskifvan, äfven en uppfinning af Watt, utgöres af en cirkelrund skifva, *E*, fastkilad på axeln *A*. Hennes medelpunkt infaller ej i axelns kärnlinie, utan ligger på ett visst afstånd derifrån, hvilket afstånd kallas excenterradien. Skifvan omgifves af excenterringen *K*, hvilken glider mot skifvans omkrets, men för öfrigt ej deltager i hennes rotation. Vid denna ring fästes excenterstången, som antingen omedelbart eller medelst en häfstång är förenad med slidstången. Då excenterskifvan roterar, glider ringen på hennes omkrets, och excenterstången rör sig tydligen på samma sätt, som om hon fördes af en vef, hvars radie vore lika med excenterradien. Det är tydligt, att ett helt kolfslag (fram- och återgång) förorsakar ett hvarf hos svänghjulsaxeln, som åter i följd af excenterskifvan verkar ett slag fram och åter hos sliden.

Ha vi klart för oss, huru den cirkelformiga excenterskifvan verkar, är det lätt att inse, att hon med fördel äfven kan erhålla andra former, hvarigenom under vissa förhållanden en fördelaktigare ångfördelning kan åstadkommas. Då sliden föres af en cirkelrund excenterskifva, öppnas och slutas ångkanalerna långsammare, än som med en möjligast fördelaktig verkan af ångan är förenligt. Ger man excenterskifvan formen af en liksidig triangel, hvars sidor utgöras af 60 graders cirkelbågar, och låter henne rotera inom en fyrkantig ram, blir slidens rörelse hastigare och hans stillastående vid slutet af hvarje slag längre, hvarigenom en något fördelaktigare ångfördelning vinnes. Fig. 513 visar en stundom använd form för en excenterskifva till en expansionsslid. Skifvan roterar mellan två vid en ram på excenterstången fästa friktionsrullar och har en oregelbunden form, bestämd af den ångfördelning, man vill åstadkomma.

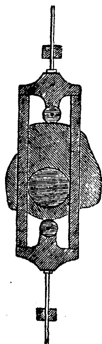
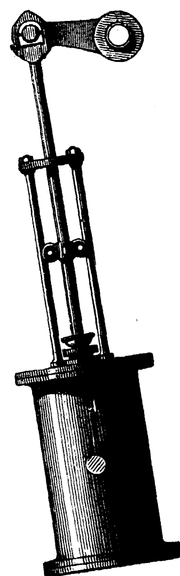


Fig. 513. Excenterskifva för en expansionsslid.

Balans användes nästan uteslutande vid kondenserande maskiner. Vanligen förbindas vefven och kolfstången medelst en vefstake (se fig. 508 och 509), men kunna äfven förbindas omedelbart med hvarandra, i hvilket fall maskinen måste förses med oscillerande cylinder (se fig. 514). Dylika maskiner användas företrädesvis till sjömaskiner, emedan de fordra föga utrymme; de ha ångcylindern upphängd i två starka tappar, genom hvilka ångkanalerna gå. Då ångan meddelar kolfven en upp- och nedgående rörelse, erhåller cylindern af kolfstången en oscillerande, förorsakad deraf, att kolfstångens öfre ända deltager i veftappens rörelse. Den uppgift, som ledde till den wattska parallelogrammen, är således här löst på ett annat och för vissa ändamål lämpligare sätt.

Ångpannan är ett till ångmaskinen oundgängligt bihang. Hon förekommer under en mängd olika former. Industrins behof äro i detta afseende

så mångfaldiga, att en och samma ångpanneform ej kan passa för dem alla. Vid användningen af stationära pannor, som begagnas för den stora industrin, afser man att alstra ånga så billigt som möjligt; man fordrar här, att pannan ej lätt skall komma i olag samt vara beqväm att rengöra. Deremot fäster man mindre afseende vid, om pannan har ett stort omfång, eller om en hög skorsten erfordras för att åstadkomma nödigt drag. På en lokomotivpanna åter måste man ställa helt andra fordringar. Hon måste inom ett möjligast litet omfång innehålla en eldyta tillräcklig att kunna alstra ånga, motsvarande en effekt af hundratals hästkrafter. Det drag, som fordras för att åstadkomma en tillräckligt liflig förbränning i eldstaden, måste erhållas genom andra medel än skorstenen. Då pannan sällan arbetar mer än några timmar eller högst en dag i sönder, fäster man mindre afseende vid hennes förmåga att kunna utan olägenhet arbeta en längre tid.


Fig. 514. Oscillerande cylinder.

Det är tydligt, att helt olika former fordras för båda de nu nämda behofven. Då vi här ej kunna genomgå alla möjliga ångpanneformer, åtnöja vi oss med en, som ganska ofta förekommer på stationära maskiner. Han utgöres af en cylinder med halfsferiska bottnar, med hvilken är förenad en, två eller högst tre dylika af mindre diameter, s. k. kokrör. Dessa kokrör äro anbragta bredvid hvarandra under hufvudpannan så; att lågan från eldstaden bestryker hela deras undre sida. De sammanhänga med hufvudpannan medelst korta cylindriska rör (se fig. 515 och 516). På denna ångpannekonstruktion, som ofta användes för högtrycksmaskiner, ligger eldstaden således utom pannan. *A* utmärker hufvudpannan, *B B* kokrören, som medelst rören *C C* äro förbundna med hufvudpannan. Öfver eldstaden är slaget ett hvalf *D*, som tvingar den från *E* utgående lågan att bestryka pannan i den af pilarna angifna riktningen; *F* äro stöd af gjutjern, som uppbära kokrören; *M* är ett medelst motvigt balanseradt spjell för dragets reglering. Vidare utgör *a* det till slidskåpet ledande ångröret, *b* matarröret, hvarigenom vatten inpumpas i pannan, *c* säkerhetsventilen, *d* vattenståndsglas, *e* en flottör, *g* ånghvissla, *f* manhålet, en aflång öppning, som kan ångtätt slutas medelst ett lock. Ändamålet med denna öppning är att lemna tillträde till pannans inre, då hon behöfver rengöras eller lagas. Flottörens ändamål är att tillkännage vattenytans läge i pannan. Han utgöres af en på vattenytan flytande ihålig metallkula, fäst på en häfstång, hvars axel genom en liten packdosa går igenom pannplåten och på sin utanför pannan varande ända uppbär en visare, som anger vattenytans läge. Flottören ställes stundom i förening med en ånghvissla, som ger en ljudlig larmsignal, då vattenytan sjunker under en viss gräns. I stället för flottör begagnas mera allmänt vattenståndsglas, ett i metallinfattning anbragt glasrör, som med sina båda ändar står i förbindelse med ångpannans inre och i hvilket vattenytan sålunda intager samma höjd

som i pannan. I glasröret afläses då vattenytans läge. För samma ändamål begagnar man sig äfven af profkranar, hvilka få sin plats på den åt eldaren vända bottnen af pannan. Af dessa kranar anbringas en i jemnhöjd med vattenytans normala läge, en annan några tum deröfver och en tredje lika långt derunder.

Säkerhetsventilen torde förtjena en något närmare redogörelse .Man har föreslagit flera utvägar att hindra trycket i pannan att stiga utöfver en på förhand bestämd gräns. Bland annat har man användt i pannplåten insmälta proppar af någon lättsmält legering, hvars smältpunkt ligger just vid den temperatur, som motsvarar högsta tillåtna trycket. Denna utväg har emellertid ej visat sig fullt tillfredsställande och är nu mera öfvergifven. Den allmännaste formen på en säkerhetsventil är en konisk lyftventil, utifrån be-

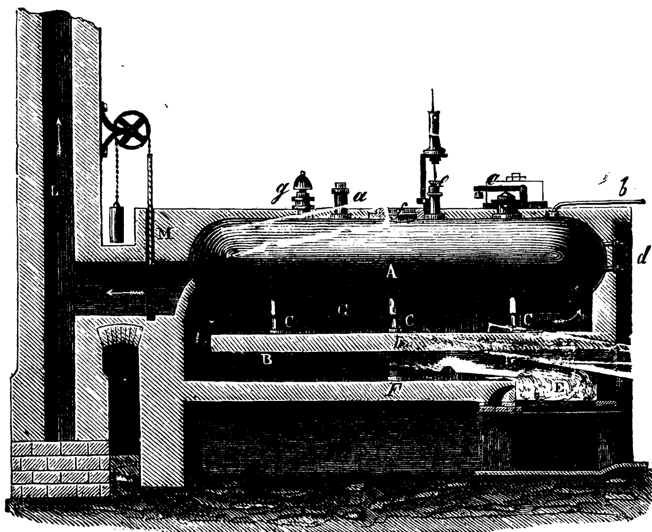


Fig. 515. Högtrycksångpanna. Vertikal genomskärning af eldstaden och rökkanalerna.

lastad med en mot ångtrycket svarande vigt. Emellertid kan ingen ännu uppfunnen säkerhetsventil fullkomligt aflägsna all fara för explosion. En sådan uppkommer vanligen af den orsak, att mineraliska beståndsdelar afsatt sig ur vattnet och inuti pannan bildat s. k. pannsten. Denna hindrar vattnet att komma i beröring med plåten, och då pannstenen utgör ett föga värmeledande ämne, kan plåten ej åt vattnet afge det värme, han af elden upptagit, hvarvid han upphettas ända till glödgning; i detta tillstånd har han en vida mindre hållfasthet och brister lättare under inflytande af det inifrån verkande ångtrycket. Då menniskan med sina svaga krafter vill göra sig till herre öfver en sådan jättekraft som ångans, måste hon med yttersta omsorg studera alla hit hörande fenomen, ty aldrig medför okunnigheten större fara än här.

Ångmaskinernas storlek har oupphörligt ökats. Då man i början ansåg en ångmaskin om 100 hästkrafter för någonting utomordentligt, förvånar man sig nu mera ej öfver en maskin om 400 till 500. Den betydliga effekten af särskilda maskiner gör troligt, att alla ångmaskiner tillsammans utföra ett ofantligt arbete. I några länder föras statistiska anteckningar öfver der i gång varande ångmaskiners effekt. Den sammanlagda effekten af alla ångmaskiner på jorden torde för närvarande (1873) kunna uppskattas till omkring 30—40 millioner hästkrafter. Det är svårt att göra sig en föreställning om, hvad en sådan effekt egentligen vill säga.

Vattenfallet vid Niagara har en höjd af 140 fot, och dess vattenmängd beräknas i medeltal till 400 000 kubikfot i sekunden. Den häremot svarande effekten är omkring 6 millioner hästkrafter eller ungefär $1/_6$ af effekten hos alla jordens ångmaskiner tillsammanstagna. Och dock, hvilken försvinnande liten del af allt det vatten, som årligen nedfaller på jorden, för Niagara ned till hafvet! Den årliga nederbörden på jorden kan i medeltal beräknas till 5 fot, och antager man medelhöjden, hvarifrån detta vatten kommer, till 900 fot, kan den mot denna vattenmassa och denna fallhöjd svarande effekt i rundt tal anslås till 100 000 millioner hästkrafter, en effekt, i jemförelse hvarmed arbetet af alla jordens ångmaskiner krymper ihop till en obetydlighet.

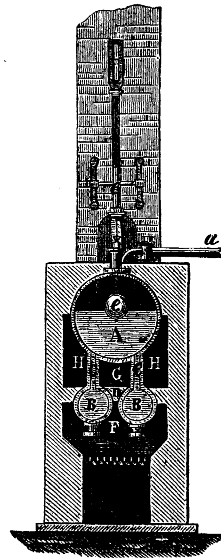


Fig. 516. Högtrycksångpanna. Vertikal tvärgenomskärning.

Från en annan synpunkt och jemförda med en mindre storartad kraft framstå ångmaskinerna i en mera fördelaktig dager. Om bland de 1 400 millioner menniskor, som antagas bebo jorden, man tänker sig alla fullt arbetsföra karlar syselsatta med kroppsarbete, skulle på detta sätt erhållas högst 70 millioner arbetare, hvilkas effekt kan uppskattas motsvara ungefär 12 millioner hästkrafter eller vid pass $1/_3$ af alla ångmaskiners effekt. Nu kan dock med full säkerhet antagas, att blott en mindre del af ofvan stående antal menniskor är syselsatt med industrielt arbete. Vi se således, att ångmaskinernas arbete mångfaldigt öfverstiger det industriela arbete, som utföres af alla menniskor tillsammanstagna.

I Cornwallis brukar man bedöma effekten af en uppfordringsmaskin efter den mängd vatten, maskinen vid förbränning af en viss vigtmängd kol uppfordrar till en viss höjd. För att ge en föreställning om, huru ångmaskinerna småningom förbättrats, sammanställa vi i en efter denna princip uppstäld tabell resultatet af olika maskiners arbete:

Med en centner kol uppfordrar

Saverys maskin	900	tons	1 fot	högt
Newcomens »	3 200	»	»	»
Watts första »	5 400	»	»	»
Watts senare »	14 000	»	»	»
De bästa af nutidens maskiner...	40 000	»	»	»



Fig. 517. Stephenson och hans första lokomotiv.

Vi måste afstå ifrån att här ingå i någon närmare beskrifning af de vigtigaste former, hvarunder ångmaskinen framträder och bland hvilka i synnerhet lokomotivet och lokomobilen förtjena framhållas, samt uppskjuta derför till ett annat tillfälle redogörelsen för dessa vigtiga kulturfaktorer.

Ångmaskinernas medtäflare. Oaktadt den omständigheten, att de bästa ångmaskiner ej tillgodogöra mera än tio procent af det arbete, som motsvarar den i eldstaden utvecklade värmemängden, är dock det arbete, de lemna, billigare än det, som erhålles af kalorik- eller gaskraftsmaskiner. Ju mindre en ångmaskin är, desto dyrare är proportionsvis det arbete, han lemnar; inköpspriset minskas ej i samma mån som effekten, och kostnaderna för maskinens uppassning blifva nära nog de samma, antingen han är stor eller liten. Slutligen kan en ångmaskin i följd af den eldfara, han medför, samt faran för explosion ej uppställas hvar som helst. I större städer hindra vanligen särskilda polisförordningar ångmaskiners användning i tätt befolkade qvarter eller i större hus, hvars öfriga våningar äro bebodda.

En mängd handtverkerier och mindre industriela anläggningar behöfva dock ofta en kraftmaskin af mindre effekt (från $^1/_2$ till några få hästkrafter), som tager minsta möjliga utrymme eller åtminstone ej fordrar några vidlyftigare eldstadsanläggningar, utan långa förberedelser kan sättas i verksamhet och utan nämnvärd olägenhet afbrytas i sin verksamhet, då han ej längre behöfves. Dessa egenskaper ega de fasta ångmaskinerna alldeles icke och de flyttbara endast i inskränkt grad.

Man hyste en tid stora förhoppningar om den elektromagnetiska kraftmaskinen, men, såsom vi förut sett, kunde dessa förhoppningar ej förverkligas. Ännu är det värmets omedelbara förvandling till mekaniskt arbete, som lemnar det fördelaktigaste resultatet. Hos ångmaskiner bindes, som bekant, en stor del värme vid vattnets öfvergång till ånga, och då ångan äfven bortgår från maskinen som ånga, är tydligen det bundna värmet för utveckling af mekaniskt arbete fullständigt förloradt. Den tanken låg derför nära till hands att i stället för ånga använda en kropp, som ej först behöfde förvandlas till gas, utan som sådan är öfver allt tillgänglig.

Denna tanke ligger till grund både för kalorik- och gaskraftsmaskinerna. I båda är det atmosferisk luft, som utvidgas genom uppvärmning och dervid framdrifver en i en cylinder rörlig kolf. Båda bära således ett oriktigt namn; ty lika väl som kalorik- och gaskraftsmaskinerna är äfven ångmaskinen eller hvilken annan maskin som helst, der värme förvandlas till mekaniskt arbete, en kalorikmaskin. De båda i fråga varande maskinerna böra således rättare med ett gemensamt namn kallas varmluftsmaskiner. Den väsentliga olikheten emellan dem ligger i det sätt, hvarpå förbränningen försiggår. I den ena sker förbränningen utom cylindern, vanligen med kol eller kåks, i den andra inom cylindern medelst en bränbar gas. Denna olikhet förorsakar emellertid konstruktiva skiljaktigheter, hvarigenom maskinerna till det yttre ganska väsentligt skilja sig från hvarandra.

Gaskraftsmaskinen. Om man blandar åtta vigtdelar vätgas med en del syrgas eller två volymdelar vätgas med en del syrgas, erhålles en gasblandning, som af sin egenskap att vid antändning explodera med en stark knall fått namnet knallgas. Vid förbränningen förena sig de båda gaserna under stor värmeutveckling, och förbränningsalstret är vatten, som i följd af den höga temperaturen antager ångform och dervid erhåller en mångfaldigt större volym, än gasblandningen före antändningen hade. Vid den plötsliga utvidgningen uppstår ett starkt tryck, som, i händelse förbränningen sker i ett slutet kärl, kan sönderspränga detta.

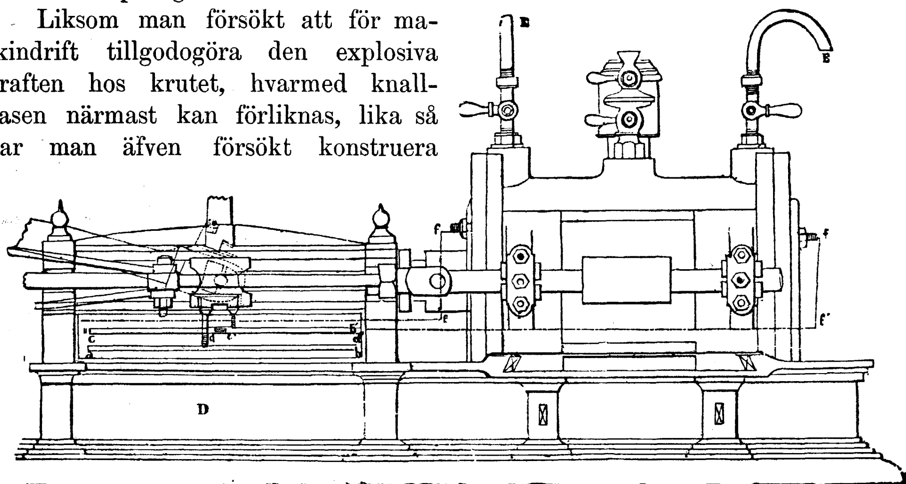


Fig. 518. Lenoirs gasmaskin.

Liksom man försökt att för maskindrift tillgodogöra den explosiva kraften hos krutet, hvarmed knallgasen närmast kan förliknas, lika så har man äfven försökt konstruera maskiner, i hvilka den vid knallgasens förbränning utvecklade kraften skulle tillgodogöras för mekaniska ändamål. Emellertid ledde dessa försök ej till något lyckligt resultat, hufvudsakligen af det skäl, att man använde knallgasen i rent eller nästan rent tillstånd, hvarigenom explosionerna blefvo så våldsamma, att de i hög grad menligt inverkade på maskinens varaktighet. Första vilkoret för att kunna lösa problemet blef således att göra förbränningen långsammare, så att kolfven finge röra sig med en ej större hastighet, än som är förenlig med maskineriets bestånd.

Fransmannen Lenoir lyckades undanrödja nämda olägenheter genom att ersätta knallgasen med en blandning af lysgas och atmosferisk luft. Lysgasen är ett kolväte, som, blandadt med en för dess förbränning passande mängd syrgas, förbrinner med stark explosion. Men Lenoir fann, att om man blandade 5—9 delar lysgas med 95—98 delar luft, erhålles en gasblandning, som vid antändning förbrinner tillräckligt långsamt att kunna användas till i fråga varande ändamål. Under kolfven på Lenoirs gasmaskin förbrinner denna gasblandning tillräckligt långsamt och upphettar vid sin förbränning den inblandade luften, som dervid utvidgar sig och framskjuter kolfven; de genom för-

bränningen bildade alstren, vattenånga och kolsyra, bidraga äfven till utvidgningen.

Lenoir, som vi ha att tacka för denna vackra uppfinning, var ursprungligen arbetare i en bronsfabrik; sedermera syselsatte han sig med galvanoplastik och grundlade i förening med en hr Gautier en galvanoplastisk anstalt under namn af société générale de galvanoplastie. Detta företag hade dock ej i ekonomiskt hänseende något lyckligt resultat, och lika liten vinst skördade han af ett annat af sina försök, att använda elektromagnetismen som drifkraft. Denna krafts dyrhet stälde ett oöfvervinneligt hinder i vägen för hennes användning för industriela behof, hvarför han försökte att i stället för elektromagnetismen använda knallgasens explosivkraft, och dessa undersökningar förde honom slutligen efter flera misslyckade försök på den lyckliga tanken att använda en blandning af lysgas och atmosferisk luft. Lenoir förband sig med maskinfabrikanten Hypolite Marinoni, hvilken måhända också har någon del i problemets praktiska lösning. 1 maj 1860 uppsattes den första lenoirska gaskraftsmaskinen i en verkstad vid Rue Rousselet i Paris. År 1867 voro ensamt i Paris öfver 400 dylika maskiner i verksamhet. Uppfinningen spred sig temligen hastigt öfver hela den civiliserade verlden. En hr Jean Poey köpte patentet för Spanien, Brasilien och Havanna för 100 000 franc. Nästan i alla länder äro förbättringar af Lenoirs gasmaskin patenterade. Vi öfvergå till en närmare beskrifning deraf.

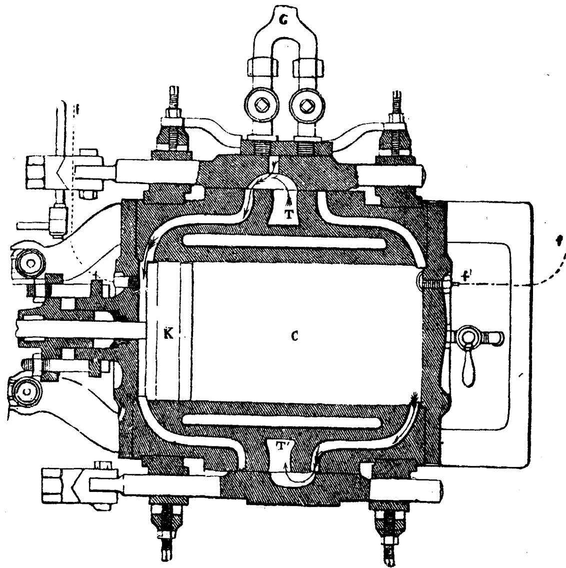


Fig. 519. Lenoirs gasmaskin. Horisontal genomskärning.

Fig. 518 visar hans yttre utseende från sidan, fig. 519 en horisontal och fig. 520 en vertikal genomskärning af maskinen, den förra tagen genom cylinderns geometriska axel, den senare vinkelrätt deremot genom cylinderns midt. Redan ett flygtigt ögonkast på dessa figurer visar, att maskinen har samma hufvuddelar som ångmaskinen: en cylinder, i hvilken rör sig en kolf, påverkad af trycket från en expanderande gas, en slidtillställning, hvarigenom kolfvens rörelse omkastas, vefstaken med vefven, hvarigenom den fram- och återgående rörelsen förvandlas till en roterande, samt slutligen svänghjulet för att göra rörelsen likformig. Den horisontalt liggande cylindern är i fig. 519 betecknad med *C*, den i cylindern fram och åter gående kolfven med *K*. Denna är

medelst kolfstången förbunden med vefstaken och genom denna med den på svänghjulsaxeln sittande vefven. Från de på svänghjulsaxeln anbragta excenterskifvorna erhålla de framför öppningarna *T* och *T'* gående sliderna sin rörelse. Den vid *T* har till ändamål att blanda den vid kolfvens rörelse insugna luft- och gasmängden samt inleda den i cylindern och har för den skull en alldeles egendomlig konstruktion, till hvilken vi strax återkomma. Den andra sliden vid *T'* reglerar utloppet af de genom gasens förbränning bildade alstren (vattenånga och kolsyra) samt återstoden af luften, som vid sin expansion framdrifvit kolfven. Genom de ständigt upprepade explosionerna uppvärmes cylindern invändigt ganska betydligt, och för att motverka det skadliga inflytandet häraf omges han med en mantel, som bildar ett omkring honom gående tomrum *E E* (fig. 520), hvari man låter kallt vatten cirkulera för att dermed afkyla cylindern. Detta vatten uppfordras af maskinen till en högre anbragt behållare, hvarifrån det genom det å fig. 518 till venster synliga röret *E* inströmmar omkring cylindern och, sedan det kringspolat denna, bortgår genom det till höger synliga böjda röret. Detta vatten kan sedan användas antingen till uppvärmning af lokaler eller andra ändamål.

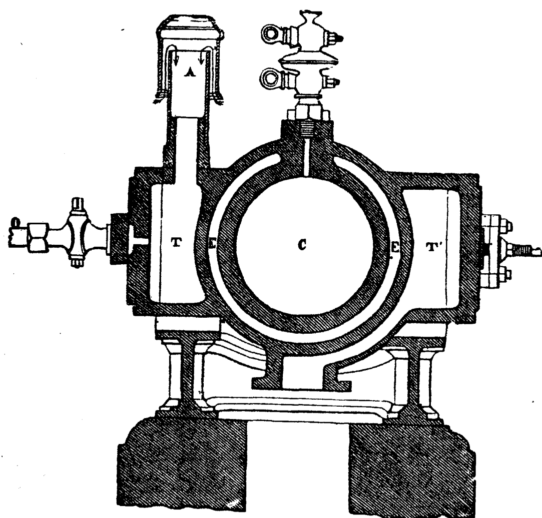


Fig. 520. Lenoirs gasmaskin. Vertikal tvärgenomskärning.

Det rör, hvarigenom lysgasen tillföres, slutar med ett gaffelformigt stycke *G*, som på hvardera af sina skänglar är försedt med en kran. Lysgasen kan medelst en gummislang ledas från ett vanligt gasledningsrör. Genom den ena af de båda kranarna ledes gasen på den högra och genom den andra på den venstra sidan om kolfven. Vid den i fig. 519 afbildade slidställningen kommer gasen från venstra grenen af röret *G*, förenar sig med den genom *A* (fig. 520) insugna luften och går i den genom pilarna antydda riktningen bakom kolfven. Då kolfven insugit en tillräcklig mängd af gasblandningen, afspärras så väl gasröret som tilloppsröret för luften, och i samma ögonblick antändes den sålunda afspärrade blandningen af en elektrisk gnista. Den andra vid *T'* liggande sliden förblir emellertid orörlig och låter den framför kolfven från näst föregående explosion qvarvarande gasen bortgå. Först då kolfven nära nog fullbordat sitt slag, omkastas han så, att han ställer de båda andra kanalerna i förbindelse med hvarandra. Den framför kolfven ännu befintliga gasblandningen, som i följd af slidens omkastning ej kan komma undan, sammantryckes af kolfven och verkar

dervid som en elastisk kudde, hvilken underhjelper omkastningen af kolfvens rörelse. Den andra öfver *T* gående sliden afbryter sin rörelse, så snart venstra gaskanalen blifvit tillsluten, och fortsätter sin väg först då, när den öfver *T'* gående sliden omkastat sin rörelse och kolfven begynner ett nytt slag, då han sätter den högra gaskanalen i förbindelse med motsvarande gren af röret *G*.

Det framför gasledningsröret *G* liggande slidskåpet är på ett egendomligt sätt konstrueradt för att befordra en intim blandning mellan lysgasen och luften. Dessa inströmma nämligen i slidskåpet, icke genom en enda, utan genom en mängd små öppningar, som tvinga dem att i fina strålar blanda sig med hvarandra. På samma sätt fördelas de äfven, då de inströmma i cylindern. Afsigten härmed är, att vid antändningen inga partiela explosioner skola uppkomma, utan förbränningen ske likformigt genom hela gasblandningen.

Gasens antändning sker genom en elektrisk gnista, som erhålles medelst en induktionsapparat. Den ena poltråden från ett batteri, som utgöres af två Bunsens element, står i oafbruten förbindelse med cylindern. Den andra poltråden genomgår isolerad cylinderväggen och slutar med sin spets i närheten af cylinderns metall, hvarigenom, för hvar gång en induktionsström uppstår i ledningen, en gnista öfverspringer från den isolerade trådens spets, då gasblandningen antändes. I fig. 518 och 519 är trådledningen antydd genom de punkterade linierna *f f'* och i fig. 518 synes en del af apparaten vid *a b c d*. Den elektriska strömmens afbrytning och slutning regleras af ett på kolfstången fäst metallstycke sålunda, att gnistan öfverspringer just i det ögonblick, kolfven insugit den erforderliga mängden gas och luft. För hvarje kolfslag öfverspringer en gnista både framför och bakom kolfven, men då endast på en sida finnes någon bränbar gas, gör den ena gnistan ingen verkan.

Maskinen verkar nu på följande sätt. Först vrides svänghjulet ett stycke så, att gas och luft kunna inkomma på ena sidan om kolfven. Sedan sliden stängt tilloppsöppningen, antändes gasen af den elektriska gnistan, luften utvidgas och framskjuter kolfven, hvarefter maskinen är i full gång. Utloppssliden står öppen, tills kolfven hunnit nära slutet af slaget, för att lemna utlopp åt den framför kolfven varande luften och de vid närmast föregående explosion alstrade förbränningsalstren. Vid alla derpå följande kolfslag insuger maskinen sjelf den erforderliga gasblandningen, och det derför erforderliga arbetet erhålles af den lefvande kraft, som under den öfriga delen af kolfslaget meddelats svänghjulet.

Maskinens igångsättande för hand är obestridligt en olägenhet. Kolfvens rörelse erhåller äfven under det första kolfslaget en något för häftig acceleration, häftigare, i samma mån den tillförda mängden af lysgas är stor. Denna olägenhet minskas till en del genom svänghjulet och dels derigenom, att man medelst kranen på gasröret reglerar tilloppet af lysgas.

Marinoni har på cylindern anbragt två små ventiler, genom hvilka för hvarje kolfslag en fin stråle uppvärmdt vatten insprutas i cylindern. Detta vatten öfvergår till ånga, som höjer trycket och förlänger expansionen, binder en del värme, som eljest af kylvattnet måste bortledas, och bildar slutligen

med fettet ett smörjmedel, som minskar friktionen mellan kolfven och cylindern. Maskiner af detta slag tillverkas ej för högre effekt än 8 hästkrafter.

Den svagaste punkten hos Lenoirs gasmaskin är antändningssättet, emedan den elektriska gnistan stundom alls icke uppkommer eller också ej lyckas antända gasen. En annan konstruktör, Hugon, undvek denna olägenhet derigenom, att han utbytte den elektriska gnistan mot en liten gaslåga, som af sliden införes i gasblandningen. Sliden, som fördelar gasblandningen, passerar med sin urhålkning förbi en liten faststående gaslåga, hvilken antänder den i urhålkningen varande gasblandningen, och denna brinner tillräckligt länge för att kunna fortplanta förbränningen in i gaskanalen samt vidare in i cylindern, sedan gaskanalens öppning af cylindern tillslutits. Vid förbränningen slocknar naturligtvis den sliden medföljande rörliga lågan, hvarefter operationerna upprepas på samma sätt på kolfvens andra sida.

En ingeniörfirma, Langen & Otto, i Köln hade på parisutställningen 1867 visat en gasmaskin, vid hvilken samma antändningsmetod användes. Denna maskin väckte mycket uppseende och belönades med guldmedaljen. Han skiljer sig betydligt från de föregående, är enkelt verkande och en atmosferisk maskin. Den af lysgas och luft bestående gasmängden insuges af maskinen och antändes på ofvan nämda sätt. Cylindern är vertikal, och vid gasens explosion uppkastas arbetskolfven mycket våldsamt. Den senare är temligen tung och fortsätter i följd af sin framhärdighet sin väg ett stycke, sedan gasen upphört att verka på honom. Härigenom uppstår förtunning af gasen och följaktligen afkylning. Det yttre lufttrycket blir då starkare än gastrycket under kolfven, som derför så väl deraf som af sin egen tyngd drifves nedåt. Den kraft, som dervid erhålles, öfverföres medelst en på kolfven sittande kuggstång till en svänghjulsaxel, på hvilken sitter ett i samma kuggstång ingripande kugghjul. Detta kugghjul är medelst en spärrtillställning så förenadt med svänghjulsaxeln, att det blott åt ett håll nödvändigt deltager i dennas rörelse, men, kringvridet åt motsatt håll, går löst på axeln. I följd häraf har kolfven vid sin uppåtgående rörelse intet arbete att utföra. Den nedre delen af cylindern afkyles medelst vatten på samma sätt som på Lenoirs maskin.

Ehuru hos ångmaskinerna ångans latenta värme utgör en källa till betydande förluster, som hos gaskraftsmaskinerna ej förekomma, är dock hos dessa senare den nyttiga effekten i förhållande till den utvecklade värmemängden föga större än hos ångmaskinerna. Tager man härjemte i betraktande, att det gasformiga bränslet är betydligt dyrare än kolet, ställer sig det ekonomiska resultatet ojemförligt fördelaktigare för ångmaskinerna. Gasmaskinernas företräde ligger deruti, att de i hvilket ögonblick som helst och utan alla förberedelser äro färdiga att arbeta, kräfva ett litet utrymme och hvarken äro eld- eller explosionsfarliga, hvilket gör, att de kunna användas på många ställen, der ångmaskinen ej får begagnas. Hela eldstaden med tillhörande förrådshus för bränsle, ångpanna och skorsten, som vid en ångmaskin äro nödvändiga, bortfalla helt och hållet vid gasmaskinerna. Någon särskild eldare eller maskinist erfordras ej heller, ty hela skötseln inskränker sig till att tillse, att

smörjapparaterna äro i vederbörlig ordning. Dessa betydande fördelar uppväga i många fall det högre pris på drifkraften, som förorsakas genom dyrheten af det brännmaterial, de förbruka. Så ofta fråga är om större kraftbehof, kunna de dock aldrig täfla med ångmaskinerna.

Kalorik- eller varmluftsmaskinen. Hvem som först framkastade iden att som drifkraft använda luftens genom värme förorsakade utvidgning, torde vara svårt att afgöra. Några anse, att äran häraf tillkommer John Stirling från Glasgow, som 1827 hade en varmluftsmaskin i gång. Några år senare (1833)

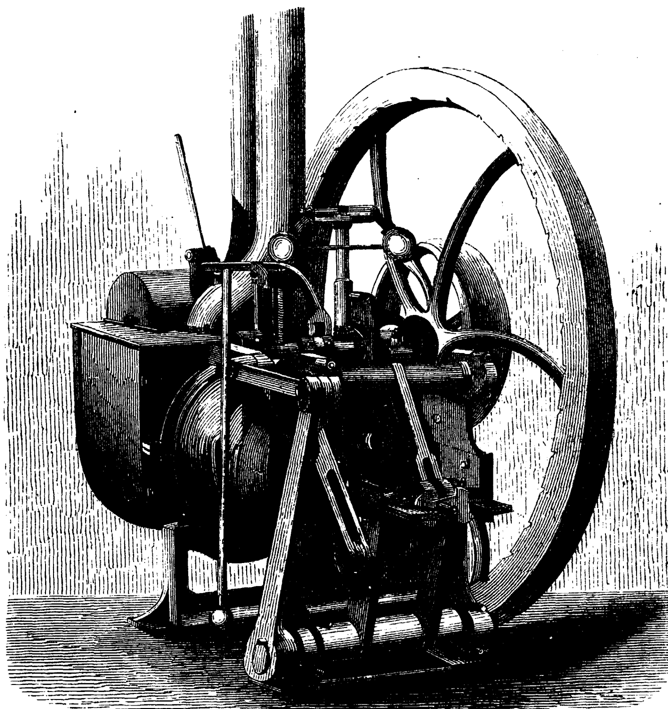


Fig. 521. Ericssons varmluftsmaskin. Sedd framifrån.

framträdde John Ericsson med sin konstruktion. Båda maskinerna gjorde i början föga uppseende och ansågos mera som intressanta modeller i fysikaliska instrumentsamlingar än såsom egande någon betydelse för tekniken.

Innan vi öfvergå till en närmare redogörelse för Ericssons varmluftsmaskin, torde här vara rätta stället att meddela några biografiska data om denne snillrike uppfinnare, som ej minst intresserar oss derför, att han är svensk. Född den 31 juli 1803 på Långbanshyttan i Vermland, der fadern var grufegare, röjde han redan i sina gossår en ovanlig mekanisk fallenhet, som tilldrog sig den frejdade kanalbyggaren Balzar von Platens uppmärksamhet. Genom honom fick den unge mekanikern tillfälle att utbilda sina rika anlag,

då han först som elev och sedan som nivellör anstäldes vid arbetena på Göta kanal. När han erhöll det senare förtroendet, var han endast 13 år. Genom bekantskapen med befälet vid den här förlagda arbetskommenderingen fick han dock några år derefter lust för militäryrket och ingick 1820 som fänrik vid Jemtlands fältjägare.

Detta var ett afsteg från hans rätta bana, och det blef också kort. Efter sex år tog han afsked ur krigstjensten och begaf sig till England för att bereda sig tillfälle att i detta maskinernas land utföra en mekanisk ide, som under tiden uppstått hos honom, den nämligen att i stället för ånga använda sjelfva eldslågan till drifkraft: den s. k. eldmaskinen. Här följde nu den ena vigtiga uppfinningen på den andra. I oktober 1829 deltager han med sitt på ett egendomligt sätt konstruerade lokomotiv The novelty ärofullt i den namnkunniga pristäflingen på Liverpool-Manchesterbanan, och samma år uppfinner han ångsprutan. Efter fyra år framträder han åter med en ny uppfinning, varmluftsmaskinen, hvarom vi strax skola närmare tala, och efter ytterligare fyra år med den största af dem alla, propellern. Då han ej lyckades öppna engelska amiralitetets ögon för sin uppfinnings omätliga betydelse för hela ångsjöfartens utbildning, begaf han sig 1839 öfver till Amerika och fann här en tacksammare jordmån. Med biträde af några klarsynta och energiska män lyckades han få sin ide tillämpad på den första af unionens krigsångare, skruffregatten Princeton, som 1843 för första gången plöjde djupet. Framgången var fullständig, och propellern vann snart insteg äfven i de europeiska flottorna, bland hvilka vår egen var en af de första, som tillegnade sig honom.



Fig. 522. John Ericsson.

Ericsson hade nu brutit sig en bana i Amerika och lagt grunden till ett stort, ständigt växande anseende. I tjugu år hade han med nya uppfinningar befäst det, då det väldiga inbördes kriget mellan norden och södern utbröt. Unionsregeringen utsatte ett pris för det lämpligaste krigsfartyg, och Ericsson konstruerade och bygde sin Monitor, som den minnesvärda 9 mars 1862 på

Hampton roads besegrade pansarvidundret Merrimac, räddade nordens återstående flotta och hamnar samt blef typen för en alldeles ny cert af krigsfartyg. För kriget konstruerade han äfven vädursskeppet Dictator, ett af de fruktansvärdaste förstörelseredskap, som visat sig på hafvet, men hvars ofantliga maskiner genom en sinnrik inrättning voro så lätthandterliga, att de på några sekunder kunde stoppas och åter sättas i gång af en qvinnas fina hand. Äfven på bestyckningen har Ericsson öfvat sitt mekaniska snille, och sjöartilleriet har honom att tacka för en kanonlavett med friktionsinrättning, som lätt skötes af en enda man och gör det möjligt att i sjögång handtera äfven de svåraste pjeser.

En redogörelse för Ericssons öfriga uppfinningar skulle fylla en lång lista, och om vi här nämna några ibland dem, är det mindre för att ens lemna en öfversigt deraf än för att gifva en föreställning om mångsidigheten af hans mekaniska snille, som räcker till för de mest olika fält: för krigets och fredens, för vetenskapens, industrins och sjöfartens vexlande områden. Hvad han uppfunnit för kriget, ha vi till en del sett, och dertill skulle kunna läggas mycket mera. Åt vetenskapen har han skänkt ett instrument att mäta vattnets sammantrycklighet och ett annat att mäta den hastighet, hvarmed atmosferisk luft upptar och lemnar ifrån sig värme, en hydrostatisk våg, en roterande vätskemätare samt den på verldsutställningen 1851 prisbelönta pyrometern. Jernvägarna ha af honom fått en inrättning att fortskaffa bantåg uppför backar och en maskin att hastigt bilda jernvägsbankar, hvarjemte han konstruerat flera lokomotiv, bland andra ett varmluftslokomotiv för jernväg på gator. I industrins omedelbara tjenst arbeta många af Ericsson uppfunna maskiner, bland andra en centrifugalpump, en saltberedningsapparat, en filhuggningsmaskin, för att ej nämna den berömda ångmaskinen med öfverhettningsapparat, som drifver det stora Delamater-jernverket i New-York. Slutligen har sjöfarten blifvit af honom riktad med en kompassafläsare, lodningsinstrument, centrifugalfläkt, afkopplingsinrättning, larmbarometer m. m., och härmed ha vi dock ännu ej nämt de många af honom konstruerade ångmaskinerna för fartyg, flera af väldiga dimensioner. Men vi återvända till varmluftsmaskinen.

Ericsson fortsatte med rastlös ifver och outtröttlig ihärdighet sina sträfvanden att fullkomna varmluftsmaskinen och lyckades i Amerika intressera kapitalister för sin ide att använda honom som sjömaskin. År 1848 utfördes efter ett förbättradt system en varmluftsmaskin om 5 hästkrafter, och året derpå en ny, som uppgafs arbeta med 60 hästkrafter. Vid utställningen i London 1851 visades för första gången i Europa en maskin efter detta system i verksamhet.

Den 15 februari 1853 utgick från New-Yorks hamn på profresa det första fartyg, som drefs af en varmluftsmaskin. Skeppet Ericsson hade en längd af 270 fot, 42 fots bredd och en drägtighet af 2000 tons. Skofvelhjulen voro 10 fot breda, 34 fot höga och drefvos af en varmluftsmaskin af, som det uppgafs, 600 hästkrafter. Oaktadt de nya maskinerna härvid visade sig synnerligt bränsle-

besparande, utföll dock ej försöket tillfredsställande, emedan hastigheten var mindre än den, som uppnåddes vid användande af ångkraft. Man hörde på länge ingenting om varmluftsmaskinen; Ericsson arbetade dock fortfarande på hans fulländning, nu mera utgående från den åsigten, att han inom den mindre industrin, der en jemförelsevis liten drifkraft erfordras, skulle erhålla sin fördelaktigaste användning. Ericssons varmluftsmaskin, sådan han temligen allmänt i de flesta länder användes, var i sjelfva verket en ny uppfinning. Han grundar sig på följande förhållanden.

Om temperaturen hos en viss mängd atmosferisk luft höjes 100° C., utvidgar hon sig med något mer än $^1/_3$ af sin ursprungliga volym (0,3665), om trycket bibehålles oförändradt, eller ökar sitt tryck i samma förhållande, om hon ej ändrar sin volym. Detta gäller ej blott mellan temperaturgränserna 0° och 100°, utan äfven deröfver och derunder eller i allmänhet för hvarje dylik temperaturförändring. Häraf följer, att luften för en temperaturtillökning af 273° C. utvidgar sig till dubbla och för en temperaturförhöjning af 546° C. till tredubbla volymen eller, om hon ej får tillfälle att utvidga sig, ökar sitt tryck i samma förhållande. Att detta tryck skall kunna användas för framdrifvande af en kolf, är tydligt, om också det praktiska utförandet deraf möter större eller mindre svårigheter.

Ericssons varmluftsmaskin är enkelt verkande, d. v. s. den i arbetscylindern inneslutna luften framdrifver kolfven blott åt ett håll, och hans tillbakagående förorsakas af framhärdigheten hos svänghjulet, som för detta ändamål måste erhålla temligen betydliga dimensioner. Vill man erhålla en jemnare gång och ändock kunna använda ett mindre svänghjul, kan man hopkoppla två maskiner så, att de gemensamt verka på samma svänghjulsaxel. Cylindern är, liksom på den gamla atmosferiska ångmaskinen, öppen i ena ändan eller rättare endast tillsluten af arbetskolfven. Vid den andra ändan är eldstaden *A* anbragt, så som fig. 523 visar i vertikal genomskärning.

Eldstaden är anbragt i en tackjernscylinder med bugtig botten, den s. k. hettaren. Emot denna rör sig kolfven *B*, matarkolfven. Denna är på sin inre, åt hettaren vända sida konkav, så att han passar efter hettarens bugtiga botten. Han är derjemte försedd med en plåtcylinder *c c'*, hvilken i kolfvens innersta läge helt och hållet omgifver hettaren och i detta läge upptager en del af det derifrån utstrålande värmet. Förbränningsalstren stiga från rosten genom kanalen *D*, kringspola den bakre delen af cylindern och bortgå slutligen genom skorstenen *E*.

Vid hvarje kolfslag, maskinen gör, införes en viss luftmängd i cylindern, sammantryckes, tvingas att bestryka hettarens inåt cylindern vända yta, upphettas dervid, hvarigenom hennes pression ökas, utvidgas och skjuter fram den yttre s. k. arbetskolfven. I fig. 523 se vi båda kolfvarna *B* och *C* tätt intill hvarandra i deras yttersta läge. De äro genom en särskild häfstångsmekanism så förbundna med hvarandra, att under deras fram- och återgående rörelse afståndet emellan dem förändras. Den yttre eller arbetskolfven rör sig vida långsammare och har blott ungefär hälften så långt slag som den inre

eller matarkolfven. Han börjar sitt slag något senare, men vid återgåendet följas båda kolfvarna i det närmaste åt. Ändamålet med denna anordning är, som vi snart skola se, att införa luft i cylindern. Matarkolfvens ändamål är dels att bringa den i cylindern införda friska luften i beröring med hettaren, dels att skydda arbetskolfven för det derifrån utstrålande värmet, som skulle kunna skada kolfpackningen och förbränna fettet, hvarmed hon smörjes. Matarkolfven är derför temligen tjock och försedd med en fyllning af mindre värmeledande ämnen, såsom kolstybb *(a a)* och trä *(b b)*.

Matarkolfven står medelst kolfstången β, som genomgår en på arbetskolfven anbragt packdosa, i förbindelse med de häfstänger, hvarifrån han erhåller sin rörelse. Arbetskolfven är försedd med två kolfstänger, en på hvardera sidan om matarkolfvens.

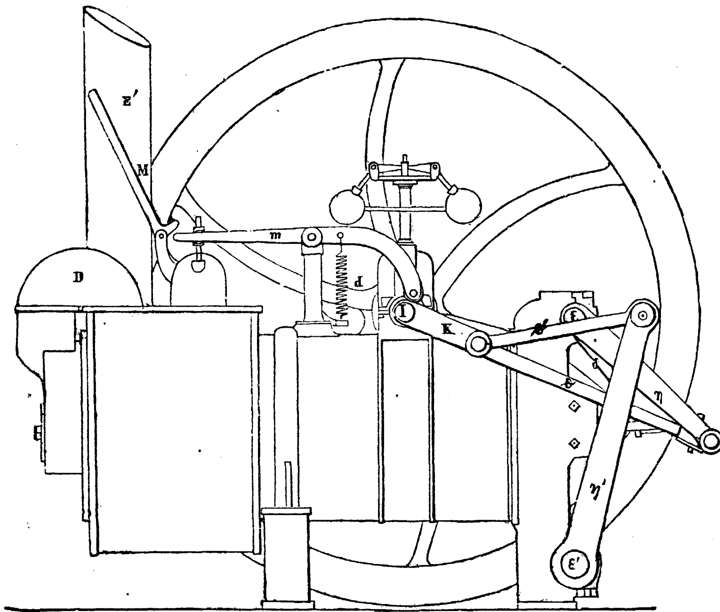


Fig. 523. Ericssons varmluftsmaskin, sedd från sidan.

För att den yttre luften skall kunna komma in i cylindern och fram till hettaren, måste båda kolfvarna vara försedda med ventiler, som vexelvis öppnas och slutas. Ventilerna på arbetskolfven bestå af två inåt sig öppnande lyftventiler, som medelst en spiralfjäder lindrigt tryckas mot sitt anslag. På matarkolfven åter tjenstgör som ventil en rundt omkring kolfven gående stålring. Denna sluter lufttätt mot cylindern, men glider lös i ett i kolfvens omkrets svarfvadt spår, dubbelt bredare än ringens tjocklek. Ringen kan alltså intaga två lägen. Då kolfven går inåt, lägger han sig i följd af friktionen vid spårets yttre kant, då kolfven går utåt, intar han af samma orsak sitt inre läge. I förra läget går ringen lufttätt både mot cylindern och kolfven, hvar-

igenom den framför kolfven varande luften, som redan blifvit upphettad och utvidgad, utdrifves ur cylindern genom den då öppna ventilen *F*. Vid matarkolfvens gång utåt, då ringen lägger sig vid spårets inre kant, lemnar han fri genomgång för luften genom en mängd små i kolfvens periferi inskurna luftkanaler. Matarkolfvens ventil är således sluten, då han går inåt, men öppen, då han går utåt.

I fig. 524 är spåret i matarkolfven antydt vid *h*. Då maskinen börjar sin rörelse, hvarvid kolfvarna intaga den i figuren visade ställningen, rör sig först matarkolfven åt venster, medan arbetskolfven ett ögonblick qvarstår i sitt läge, och ringventilen sluter sig; derigenom måste mellan begge kolfvarna

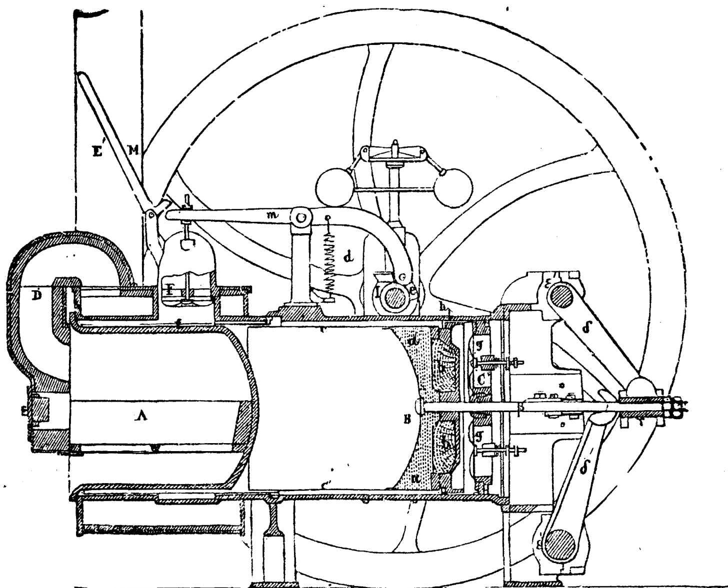


Fig. 524. Ericssons varmluftsmaskin. Vertikal genomskärning.

uppstå luftförtunning, hvarvid det yttre lufttrycket öppnar ventilerna på arbetskolfven och frisk luft inströmmar, så länge afståndet mellan båda kolfvarna ökas. Slutligen börjar arbetskolfven sin rörelse, hvarvid hans ventiler tillslutas och luften mellan båda undergår en lindrig sammantryckning. När arbetskolfven kommit nära slutet af sitt kolfslag, vänder matarkolfven, då den mellan kolfvarna inneslutna luften öfverströmmar till rummet mellan matarkolfven och hettaren, mot hvars glödande sidor hon upphettas till omkring 300° C. Luftens häraf förorsakade utvidgning är den kraft, som drifver kolfvarna tillbaka till yttre ändan af cylindern. Matarkolfven, hvars ringventil under återgåendet är öppen, har härvid ingen annan rol att utföra än att genom sitt närmande till arbetskolfven tvinga all luft i beröring med hettaren. Slutligen återkomma kolfvarna till sitt ursprungliga läge, och svänghjulet har fullbordat ett omlopp.

Kolfvarnas olika rörelse förorsakas af de häfstångsförbindningar, medelst hvilka de äro förenade med svänghjulet. För förklaringen häröfver måste vi hänvisa till fig. 523 och 524. Arbetskolfvens dubbla kolfstång är förenad med häfstängerna $\delta\delta'$, som äro fastkilade på samma axel med den längre häfstången η', från hvars öfre ända utgår vefstaken ϑ', hvilken är direkt förbunden med den på svänghjulsaxeln sittande vefven *K*. Då arbetskolfven vid luftens expansion drifves utåt, sätter han således genom denna kraftledning svänghjulet i rörelse.

En dylik tillställning, ehuru med en enkel häfstång δ', finnes äfven för matarkolfven. Här ligger häfstångens axel *E* ofvanför kolfven, och från dess yttre ända utgår dragstången ϑ till veftappen. De olika längderna af stängerna $\eta\vartheta$ och $\eta'\vartheta'$ förorsaka den olika rörelsen hos kolfvarna. För gångens reglering finnes en centrifugalregulator, som verkar på en liten på cylindern anbragt ventil, hvarigenom den varma luften utsläppes, om maskinens hastighet genom för stark eldning uppdrifves öfver en viss gräns. Häfstången *M* användes, när man vill stanna maskinen, då man medelst en tryckning på henne öppnar ventilen *F*.

Den intressantaste delen af Ericssons uppfinning är utan tvifvel kolfvarnas kombination med hvarandra. På de första maskinerna utgjorde svårigheten att hålla kolfpackningen vid makt en betydande olägenhet, som på senare konstruktioner är alldeles öfvervunnen. Till kolfpackning användes en lädermanschett, och som smörjmedel begagnas talg, då upphettningen af främre cylinderdelen är högst obetydlig.

Den från varmluftsmaskinen bortgående luften har en ganska hög temperatur, och det värme, hon medför, kommer tydligen ej maskinen till godo, utan är från mekanisk synpunkt en ren förlust. För att afhjelpa denna brist använde Ericsson på sina äldre maskiner en s. k. regenerator. Denna utgjordes först af ett särskildt, med metalltråd fyldt kärl, som genomströmmades af den bortgående luften, hvilken dervid åt tråden afgaf en stor del af sitt värme. Den friska luften, som vid hvarje kolfslag infördes i maskinen, tvangs på sin väg till hettaren att först passera genom regeneratorn, hvarvid hon upptog en del af det värme, den bortgående luften der qvarlemnat. På detta sätt återvans en del af det värme, den bortgående luften medförde. Regeneratorn erhöll sedan en annan och lämpligare form; men huru snillrik denna ide än är, lyckades dock aldrig Ericsson göra honom fullt användbar för det afsedda ändamålet. Senare användes samma ide vid Siemens' och Lundins ugnar för regenererande eller återvinnande af bortgående värme.

Hvad som på Ericssons maskin kan anses för en ofullkomlighet, är eldstadens anordning, som ej medger någon god ekonomi med bränslet. Eldytan är så liten, att blott en mindre del af det utvecklade värmet kan tillgodogöras, och förbränningsgaserna bortgå med mycket hög temperatur. Dertill kommer, att hettaren, äfven om han skyddas medelst en tunn öfverstrykning af lera, snart nog förstöres af elden; den torra heta luften angriper äfven matarkolfven. I följd deraf, att luftens tryck inuti cylindern ej är synnerligt högt, måste cy-

lindern i förhållande till drifkraftens storlek erhålla utomordentliga dimensioner. Åtgången af smörja är betydlig. För att maskinen skall arbeta någorlunda jemnt, måste ett ganska tungt svänghjul användas. Häfstängernas och ventilernas rörelser förorsaka ett mycket störande buller. I följd af alla dessa olägenheter har allmänhetens intresse för Ericssons varmluftsmaskin betydligt svalnat; dock användes han ännu med fördel för vissa ändamål. I det stora maskingalleriet på verldsutställningen 1867 såg man 5 varmluftsmaskiner efter Ericssons system.

Emellertid har man ingalunda öfvergifvit iden att använda upphettad lufts expansionsförmåga som drifkraft, och på senare tiden ha otaliga försök gjorts dels att förbättra varmluftsmaskinen, dels att konstruera honom efter helt och hållet nya principer. En fransk konstruktör, Laubereau, har framstält en maskin, som oupphörligt använder samma luftmassa, hvilken i en sluten cylinder omvexlande upphettas, utvidgas, afkyles och sammantryckes. Samma princip har tillämpats i Lehmanns varmluftsmaskin, till hvilken vi strax återkomma. En amerikan, Röper, har konstruerat en öppen varmluftsmaskin med sluten eldstad. En luftpump suger utifrån kall luft och inpressar henne genom eldstaden under kolfven i arbetscylindern. Denna upptager således både den upphettade luften och förbränningsgaserna, hvilka gemensamt verka på kolfven först med fulltryck och sedan med expansion. En annan konstruktör, Shaw, har återupptagit Ericssons ide att använda regenerator, hvilken han konstruerar under formen af ett system vertikala rör, genom hvilka den bortgående och den tillströmmande luften vexelvis passera; en mängd andra konstruktioner, mer eller mindre sinnrika, lemna vi å sido.

Med undantag af Ericssons, Laubereaus och Lehmanns ha varmluftsmaskinerna erhållit föga eller ingen användning. Den sistnämda maskinen synes vara på väg att uttränga sina medtäflare. Han är, liksom Laubereaus, en sluten varmluftsmaskin med öppen eldstad och förnyar således ej arbetsluften vid hvarje särskildt kolfslag. I afseende på kolfvarnas kombination påminner han mycket om Ericssons. Han innehåller, liksom denna, två kolfvar, den ena, arbetskolfven, och den andra, fördelningskolfven, så kallad, emedan han genom sitt läge bestämmer, i hvilken del af cylindern, den heta eller den afkylda, den inneslutna luften inrymmes. Emedan denna kolf måste röra sig med största möjliga lätthet, uppbäres han af en lös rulle, som finnes anbragt i en fördjupning af cylindern. Kolfvarnas rörelse är så reglerad, att då arbetskolfven står i sitt innersta läge, tränger fördelningskolfven den inneslutna luftmassan till den hetaste delen af cylindern; härigenom ökas hennes tryck, hon drifver kolfvarna tillbaka, och då arbetskolfven nära fullbordat sitt slag, går fördelningskolfven jemförelsevis hastigt till den innersta delen af cylindern, hvarvid den der varande upphettade luften undanthänges till cylinderns andra ända.

I fig. 525 är *A A* den långa gjutjernscylindern, i hvilken kolfvarna röra sig. Hans främre del är omgifven af manteln *W W*, mellan hvilken och cylindern kylvattnet cirkulerar. Den bakre delen är förenad med hettaren *D D*. *K* är arbetskolfven, som framtill tillsluter cylindern och medelst kolfstång,

häfstänger och vefstake är förbunden med vefaxeln, som äfven utgör axel för svänghjulet. Fördelningskolfven utgöres af en lufttätt hopnitad plåtcylinder *G G*, som medelst en kolfstång, gående genom en på arbetskolfven anbragt packdosa, står i förbindelse med en häfstångsmekanism, som erhåller sin rörelse från vefaxeln.

Fördelningskolfven får, oaktadt sin stora volym, ej ha någon betydande tyngd, emedan hans vigt till största delen uppbäres af kolfstången och ej har någon annan styrning än den omnämda rullen. Detta är orsaken, hvarför man ger honom formen af en ihålig plåtcylinder. Härvid är det dock af största vigt, att nitskarfvarna äro fullkomligt lufttäta, ty i annat fall skulle den i kolfven inneslutna luften deltaga i de förändringar, arbetsluften undergår, hvarigenom tryckskilnaderna inom maskinen till stor del skulle utjemnas och blott ett högst obetydligt arbete öfverföras på arbetskolfven.

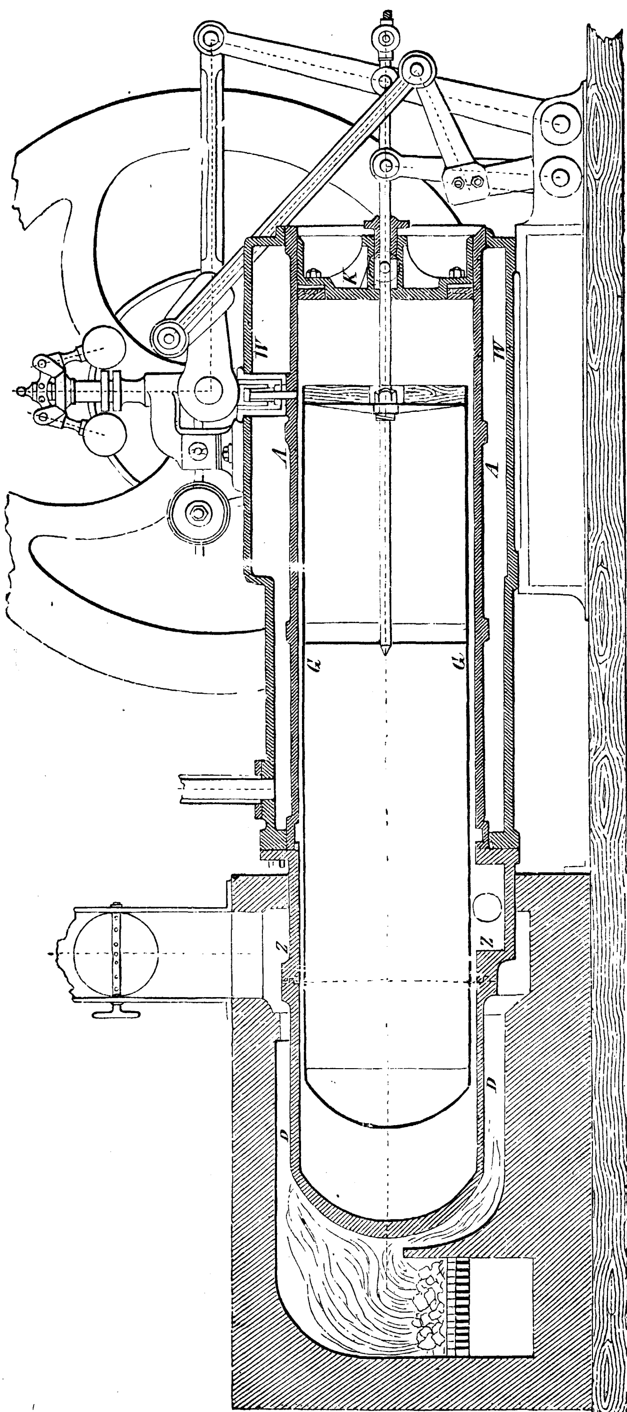


Fig. 525. Lehmanns varmluftsmaskin. Vertikal genomskärning.

Att fördelningskolfven befinner sig i godt stånd, är således ett hufvudvilkor för maskinens fördelaktiga arbete.

Då fördelningskolfven rör sig inåt, drifves den i hettaren varande luften genom det trånga rummet vid *Z Z* till det afkylda rummet i närheten af arbetskolfven; här afkyles hon, hvarvid hennes tryck aftager och arbetskolfven af det atmosferiska öfvertrycket pressas inåt. Emellertid har fördelningskolfven börjat sin väg utåt och tränger den afkylda luften in i hettaren, der hon å nyo upphettas, utvidgas och drifver arbetskolfven utåt. Den trånga kanalen mellan den heta och kalla delen af cylindern utgör ett neutralt område. Den omkring arbetskolfven liggande delen af cylindern hålles afkyld genom det af maskinen sjelf inpumpade kylvattnet. Den höga temperaturen, som råder i hettaren, medför den olägenheten, att fördelningskolfven hastigt oxideras, emedan luftens syre svårligen kan afhållas från den upphettade metallen. Arbetskolfven deremot kommer endast i beröring med afkyld luft och bibehåller sig derför bättre än på andra varmluftsmaskiner. Arbetskolfvens packning är så anordnad, att, då kolfven rör sig utåt, luft kan inkomma mellan honom och cylindern, om det inre trycket af någon anledning fallit under det yttre.

Af ofvan stående framgår tydligt, att så väl varmlufts- som gaskraftsmaskinerna på sin nu varande grad af utveckling ej kunna uppträda som några medtäflare till ångmaskinerna i andra fall, än då det är fråga om ett jemförelsevis litet kraftbehof. Deras plats är inom handtverkerierna och den mindre industrin; men äfven som motorer inom detta område lemna de ännu mycket öfrigt att önska.

Framställandet af passande motorer för den mindre industrin och handtverkerierna, s. k. småmotorer, är ett allt för lockande problem, att icke en mängd förmågor skulle syselsätta sig dermed. Deras ansträngningar skola förr eller senare krönas med framgång; men om de små motorer, som framdeles komma att öfvertaga det tyngre arbetet vid jordbruket, handtverkerierna och den mindre industrin, skola utgöras af varmlufts- och gaskraftsmaskiner eller nya former af ångmaskinen, är omöjligt att nu afgöra.

Småmotorernas bringande till en högre grad af fulländning kommer äfven att djupt ingripa i arbetarens ställning. Maskinen öfvertager den tyngre delen af det arbete, som måste utföras för att tillfredsställa våra materiela behof, och arbetaren öfvervakar och leder maskinens arbete i stället för att sjelf utföra det. Maskinens arbete är billigare än den lefvande arbetarens, och industrins alster blifva derför allt mera tillgängliga för den stora allmänheten; den trefnad och de njutningar, som förr voro rikedomens uteslutande privilegium, komma en allt större krets till godo. Nya källor till materiel och intellektuel utveckling upptäckas och bearbetas, och för fliten och idogheten öppnas ett allt vidare fält till uppkomst och förvärf.

Slut på andra bandet.